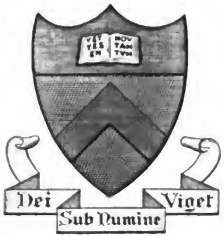
Astronomie in ihrer Bedeutung für das praktische Leben

Adolf Marcuse

Library of

Dei Sub Numine Viget

Princeton University.



„A… …elt"

nunmeh… …hen dem
Gedank… …Tüch-
tigen!" …t, Kunst
und Tec… …nmittel-
bar im … …insicht
in die …

Sie … …biete für
den Un… …heutigen
methodi… …is, dem
Skizzen, … …tragen,
nie entsp… …mit dem
Stoffe …

Sie … …Über-
sicht üb… …geistigen
Lebens … …n immer
stärker … …uf den
Nachb…

In de… …nswerter
Weise … …egenheit
benutzen … …ebt, der
Gefahr …

So konnte der Sammlung auch der Erfolg nicht fehlen. Mehr als die Hälfte der Bändchen liegen, bei jeder Auflage durchaus neu bearbeitet, bereits in 2. bis 7. Auflage vor, insgesamt hat die Sammlung bis jetzt eine Verbreitung von weit über 4 Millionen Exemplaren gefunden.

Alles in allem sind die schmucken, gehaltvollen Bände besonders geeignet, die Freude am Buche zu wecken und daran zu gewöhnen, einen kleinen Betrag, den man für Erfüllung körperlicher Bedürfnisse nicht anzusehen pflegt, auch für die Befriedigung geistiger anzuwenden. Durch den billigen Preis ermöglichen sie es tatsächlich jedem, auch dem wenig Begüterten, sich eine Bücherei zu schaffen, die das für ihn Wertvollste „Aus Natur und Geisteswelt" vereinigt.

Jedes der meist reich illustrierten Bändchen
ist in sich abgeschlossen und einzeln käuflich

Jedes Bändchen kartoniert M. 1.60, gebunden M. 1.90
Hierzu Teuerungszuschläge des Verlages und der Buchhandlungen

Leipzig, im Juli 1919. B. G. Teubner

Jedes Bändchen kartoniert M. 1.60, gebunden M. 1.90
Hierzu Teuerungszuschläge des Verlags und der Buchhandlungen

Bisher sind erschienen

zur Mathematik und Astronomie:

Einführung in die Mathematik.

Einführung in die Mathematik. Von Oberlehrer W. Mendelsohn. Mit 42 Figuren im Text. (Bd. 503.)

***Mathematische Formelsammlung.** Ein Wiederholungsbuch der Elementarmathematik. Von Prof. Dr. S. Jakobi. (Bd. 567.)

Arithmetik, Algebra und Analysis.

Arithmetik und Algebra zum Selbstunterricht. Von Geh. Studienrat P. Crantz. 2 Bände. (Bd. 120, 205, auch in 1 Band gebunden.) I. Teil: Die Rechnungsarten. Gleichungen ersten Grades mit einer und mehreren Unbekannten. Gleichungen zweiten Grades. 6. Aufl. Mit 9 Figuren im Text. (Bd. 120.) II. Teil: Gleichungen. Arithmetische und geometrische Reihen. Zinseszins- und Rentenrechnung. Komplexe Zahlen. Binomischer Lehrsatz. 5. Aufl. Mit 21 Textfiguren. (Bd. 205.)

***Einführung in die Vektorrechnung.** Von Prof. Dr. F. Jung. (Bd. 668.)

Einführung in die Infinitesimalrechnung. Von Prof. Dr. G. Kowalewski. 3., verbesserte Aufl. Mit 18 Figuren. (Bd. 197.)

Differentialrechnung unter Berücksichtigung der praktischen Anwendung in der Technik mit zahlreichen Beispielen und Aufgaben versehen. Von Studienrat Dr. M. Lindow. 3. Aufl. Mit 45 Figuren und 161 Aufgaben. (Bd. 387.)

Integralrechnung unter Berücksichtigung der praktischen Anwendung in der Technik mit zahlreichen Beispielen und Aufgaben versehen. Von Studienrat Dr. M. Lindow. 2. Aufl. Mit 43 Figuren im Text und 200 Aufgaben. (Bd. 673.)

***Einführung in die Wahrscheinlichkeitsrechnung.** Von Prof. Dr. A. Suppantschitsch. (Bd. 580.)

Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate. Von Geh. Regierungsrat Prof. E. Hegemann. Mit 11 Figuren im Text. (Bd. 609.)

Geometrie.

Planimetrie zum Selbstunterricht. Von Geh. Studienrat P. Crantz. 2. Aufl. Mit 94 Figuren im Text. (Bd. 340.)

Ebene Trigonometrie zum Selbstunterricht. Von Geh. Studienrat P. Crantz. 2. Aufl. Mit 30 Figuren im Text. (Bd. 431.)

***Sphärische Trigonometrie.** Von Geh. Studienrat P. Crantz. (Bd. 605.)

Analytische Geometrie der Ebene zum Selbstunterricht. Von Geh. Studienrat P. Crantz. 2. Aufl. Mit 55 Figuren im Text. (Bd. 504.)

***Analytische Geometrie des Raumes.** Von Geh. Studienrat P. Crantz. (Bd. 542.)

Angewandte Mathematik.

Praktische Mathematik. Von Prof. Dr. A. Neuendorff. 2 Bde. I. Teil: Graphische Darstellungen. Verkürztes Rechnen. Das Rechnen mit Tabellen. Mechanische Rechenhilfsmittel. Kaufm. Rechnen im tägl. Leben. Wahrscheinlichkeitsrechnung. 2., verbesserte Auflage. Mit 29 Figuren und 1 Tafel. (Bd. 341.) II. Teil: Geometrisches Zeichnen, Projektionslehre, Flächenmessung, Körpermessung. Mit 133 Figuren. (Bd. 526.)

***Lehrbuch der Rechenvorteile.** Von Ing. Dr. G. Bosse. (Bd. 739.)

Die Rechenmaschinen und das Maschinenrechnen. Von Regierungsrat Dipl.-Ing. K. Lenz. Mit 43 Abbildungen. (Bd. 490.)

Geometrisches Zeichnen. Von akad. Zeichenlehrer A. Schudeisky. Mit 172 Abb. im Text und auf 12 Tafeln. (Bd. 568.)

Projektionslehre. Die rechtwinklige Parallelprojektion und ihre Anwendung auf die Darstellung technischer Gebilde nebst einem Anhang über die schiefwinklige Parallelprojektion in kurzer leichtfaßlicher Darstellung für Selbstunterricht und Schulgebrauch. Von akad. Zeichenlehrer A. Schudeisky. Mit 208 Abbildungen im Text. (Bd. 564.)

Jedes Bändchen kartoniert M. 1.60, gebunden M. 1.90
Hierzu Teuerungszuschläge des Verlags und der Buchhandlungen

Angewandte Mathematik.

Die Grundzüge der Perspektive nebst Anwendungen. Von Prof. Dr. K. Doehlemann. 2. Aufl. Mit 91 Figuren und 11 Abbildungen. (Bd. 510.)

***Graphisches Rechnen.** Von Oberlehrer Prof. O. Pröll. (Bd. 708.)

Die graphische Darstellung. Eine allgemeinverständliche, durch zahlreiche Beispiele aus allen Gebieten der Wissenschaft und Praxis erläuterte Einführung in den Sinn und Gebrauch der Methode. Von Hofrat Prof. Dr. F. Auerbach. 2. Aufl. Mit 139 Fig. im Text. (Bd. 437.)

Maße und Messen. Von Dr. W. Block. Mit 34 Abbildungen. (Bd. 385.)

Mathematische Spiele.

Mathematische Spiele. Von Dr. W. Ahrens. 4., verbesserte Aufl. Mit 1 Titelbild und 78 Figuren. (Bd. 170.)

Das Schachspiel und seine strategischen Prinzipien. Von Dr. M. Lange. Mit den Bildn. E. Laskers u. P. Morphys, 1 Schachbrettafel u. 43 Diagrammen. 2. Aufl. (Bd. 281.)

***Die Hauptvertreter der Schachspielkunst und die Eigenarten ihrer Spielführung.** Von Dr. M. Lange. (Bd. 531.)

Geschichte.

Naturwissenschaften, Mathematik und Medizin im klassischen Altertum. Von Prof. Dr. Joh. L. Heiberg. Mit 2 Figuren. (Bd. 370.)

***Die Naturwissenschaften im Mittelalter und im Zeitalter des Wiedererwachens der Wissenschaften.** Von Direktor Dr. F. Dannemann. (Bd. 695.)

***Die Naturwissenschaften in der Neuzeit.** Von Direktor Dr. F. Dannemann. (Bd. 696.)

Astronomie und Astrologie.

Der Bau des Weltalls. Von Prof. Dr. J. Scheiner. 4. Aufl. Mit 26 Figuren. (Bd. 24.)

Entstehung der Welt und der Erde nach Sage und Wissenschaft. Von Geh. Regierungsrat Prof. Dr. M. B. Weinstein. 3. Aufl. (Bd. 223.)

Untergang der Welt und der Erde nach Sage und Wissenschaft. Von Geh. Regierungsrat Prof. Dr. M. B. Weinstein. (Bd. 470.)

Das astronomische Weltbild im Wandel der Zeit. Von Prof. Dr. S. Oppenheim. 2. Aufl. Mit 19 Abbildungen. (Bd. 110.)

Probleme der modernen Astronomie. Von Prof. Dr. S. Oppenheim. 2. Aufl. Mit Figuren. (Bd. 355.)

Die Astronomie in ihrer Bedeutung für das praktische Leben. Von Prof. Dr. A. Marcuse. Mit 26 Abbildungen. (Bd. 378.)

Die Sonne. Von Dr. A. Krause. Mit 64 Abbildungen. (Bd. 357.)

Der Mond. Von Prof. Dr. J. Franz. Mit 34 Abbildungen. 2. Aufl. (Bd. 90.)

Die Planeten. Von Prof. Dr. B. Peter. Mit Figuren. 2. Aufl. von Dr. H. Naumann. (Bd. 240.)

***Die Fixsterne.** Von Dr. Aug. Kühl. Mit Abbildungen. (Bd. 677.)

Der Kalender. Von Prof. Dr. W. F. Wislicenus. 2. Aufl. (Bd. 69.)

Sternglaube und Sterndeutung. Die Geschichte und das Wesen der Astrologie. Unter Mitwirkung von Geh. Rat Prof. Dr. C. Bezold dargestellt von Geh. Hofrat Prof. Dr. Franz Boll. 2. Aufl. Mit 1 Sternkarte und 20 Abbildungen. (Bd. 638.)

Meteorologie.

Einführung in die Wetterkunde. Von Prof. Dr. L. Weber. 3. Aufl. Mit 28 Abbildungen im Text und 3 Tafeln. (Bd. 55.)

Unser Wetter. Einführung in die Klimatologie Deutschlands an der Hand von Wetterkarten. Von Dr. R. Hennig. 2. Aufl. Mit 48 Abb. im Text (Bd. 349.)

Die mit * bezeichneten u. weitere Bände befinden sich in Vorb.

Aus Natur und Geisteswelt
Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen

378. Bändchen

Astronomie

in ihrer Bedeutung für das praktische Leben

Von

Dr. Adolf Marcuse

Universitätsprofessor, Dozent an der Handelshochschule
und Lehrer an der Militärtechnischen Akademie in Berlin

Zweite Auflage

Mit 26 Abbildungen im Text

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin 1919

Digitized by Google

(RECAP)
8450
.615

Schutzformel für die Vereinigten Staaten von Amerika:
Copyright 1919 by B. G. Teubner in Leipzig

Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungsrechts, vorbehalten

Druck von B. G. Teubner, Dresden

Digitized by Google

Vorwort zur ersten Auflage.

Die im vorliegenden Buche auf Wunsch des Verlages veröffentlichte Darstellung der Astronomie in ihren Beziehungen zum praktischen Leben ist auf Grund von Vorträgen entstanden, die der Verfasser im Auftrage des Vereins für volkstümliche Kurse Berliner Hochschullehrer abgehalten hat. Die folgenden Darlegungen sind daher in erster Linie nur Anregungen für ein eingehenderes Studium aller einschlägigen Gebiete. Zugleich können sie als erste zusammenfassende Darstellung der von der Himmelskunde für das praktische Leben zu leistenden Aufgaben gelten und deshalb vielleicht eine Lücke in der Literatur über angewandte Astronomie ausfüllen.

Z. Zt. Bärenfels im Erzgebirge, den 1. Januar 1912.

Der Verfasser.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Das Erscheinen einer zweiten Auflage spricht dafür, daß die im vorliegenden Buche gegebenen Anregungen auf fruchtbaren Boden gefallen sind. Möge auch diese Auflage der Himmelskunde neue Freunde erwerben!

Berlin, den 1. Januar 1919.

Der Verfasser.

E 34600 18 Hist Sc

Digitized by Google

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Vorwort 3

Erster Abschnitt: Allgemeiner Überblick über die Bedeutung der Himmelskunde 5

Zweiter Abschnitt: Wesen und Methoden der geographischen Ortsbestimmung bei Land-, See- und Luftreisen 24
- Figur der Erde 38
- Methoden der Ortsbestimmung 40

Dritter Abschnitt: Die wichtigsten Instrumente zur geographischen Ortsbestimmung an Land, auf See und in der Luft 53

Vierter Abschnitt: Zeitdienst und Kalenderwesen 70

Fünfter Abschnitt: Beziehungen der Astronomie zur Geographie, Schiffahrt und Luftschiffahrt sowie zur Erdphysik, insbesondere zum Erdmagnetismus und zur Meteorologie 78
- Erdachsenschwankung 78
- Luftnavigation 83
- Erdmagnetismus 89
- Beziehungen der Astronomie zur Meteorologie 92

Sechster Abschnitt: Beziehungen der Astronomie zur medizinischen Wissenschaft: Fehler der Sinneswahrnehmung 95

Schlußbetrachtung 109

Digitized by Google

Erster Abschnitt.

„Astronomie vereinigt Exaktheit der Naturwissenschaft mit Idealismus der Weltabgeschlossenheit." —

Allgemeiner Überblick über die Bedeutung der Himmelskunde.

Dichter und Philosophen haben die Astronomie als Königin der Wissenschaften gepriesen, wenn auch von ganz entgegengesetzten Gesichtspunkten aus. Schiller rief den Astronomen das bekannte Wort zu: „Euer Gegenstand ist der erhabenste freilich im Raume. Aber, Freunde, im Raum wohnt die Erhabenheit nicht." Das ist ein Dichter-, aber kein Denkerwort, denn jeder der beiden Sätze für sich sagt Richtiges aus, jedoch ihre Verbindung zur Kennzeichnung der astronomischen Wissenschaft ist falsch. Nicht darin liegt die Erhabenheit der Himmelskunde, daß sie es überhaupt mit den Fernen des Raumes und der Zeit zu tun hat, sondern vielmehr darin, daß sie Raum und Zeit durchdringende Gesetze finden konnte, durch welche der Menschengeist die Bewegungen im ganzen Universum zu beherrschen und für beliebige Zeiten nach vorwärts und rückwärts zu berechnen vermag.

Jahrtausende hindurch haben die Menschen die erhabensten Schauspiele am Firmament bewundert, ohne daß die menschliche Einbildungskraft zu jener wahren und großen Vorstellung vom Universum sich erheben konnte, die man ausschließlich der auf mathematischer Grundlage gefestigten astronomischen Wissenschaft verdankt. Alle früheren mechanischen Kunstgriffe zur Erklärung von den Bewegungen der Himmelskörper, z. B. die Epizykeltheorien der Griechen, waren ärmlich im Vergleich zur großen Entdeckung des Gesetzes der allgemeinen Massenanziehung vom Jahre 1687. Dieses wahre Naturgesetz, welches aussagt, daß zwei Körper im Universum sich anziehen proportional ihren Massen und umgekehrt proportional dem Quadrat ihrer Entfernungen, erklärt fast alle Bewegungen nicht nur in unserem Sonnensystem, sondern auch in den fast unendlich weit entfernten Welten der Fixsterne.

Hierbei darf nicht außer acht gelassen werden, daß nur die Naturerscheinung als solche etwas Objektives ist, während einem sogenann-

Digitized by Google

ten Naturgesetze noch immer subjektive, der menschlichen Fassungskraft zugehörige Eigenschaften anhaften. Dem von jeder Naturwissenschaft anzustrebenden Ideale, möglichst viele Tatsachen unter möglichst wenige Gesetze zu bringen, dürfte die Astronomie bisher wohl am nächsten gekommen sein.

Ganz anders als der soeben erwähnte Schillersche Gedanke mutet uns der gleichfalls bekannte Ausspruch des Philosophen Kant an, der da sagt:

„Zwei Dinge sind es, die das Gemüt immer mit neuer und zunehmender Bewunderung und Ehrfurcht erfüllen, je öfter und je anhaltender sich der Geist mit ihnen beschäftigt: der gestirnte Himmel über mir und das ethische Gesetz in mir."

In der Tat, die Beschäftigung mit den Grundlehren und Ergebnissen der Himmelskunde hat, wie schon Diesterweg hervorhebt, einen erhebenden, vertiefenden und zugleich allgemein erzieherischen Wert. Schon in früher Jugend der Völker und des einzelnen Menschen richtet sich der Blick nach oben, und der römische Dichter singt mit Recht:

„Os homini sublime dedit, coelumque tueri,
Iussit et erectos ad sidera tollere vultus."

(Aufrechter Gang ist dem Menschen gegeben, den Himmel zu schauen, das Antlitz empor zu den Sternen zu wenden.)

So sehen wir denn auch, daß bereits die ältesten Naturvölker, nicht nur die Kulturnationen des Altertums, einen Teil der Himmelserscheinungen kannten, ja sogar bis zu einem gewissen Grade verstanden. Da alle Bewegungen im Universum nach allgemeinen, unabänderlichen Gesetzen vor sich gehen, erhebt ein Erkennen dieser Gesetze den Menschen über das Vergängliche und über die Wechselfälle des Lebens hinfort.

Die Astronomie erweitert zugleich den Blick, indem sie uns aus engen lokalen Ansichten emporhebt und im wahren Sinne des Wortes eine Weltansicht verschafft. Ihrer ganzen historischen Entwicklung nach eine stetig fortschreitende Naturwissenschaft, stellt die Himmelskunde den, der mit ihr sich beschäftigt, unmittelbar in die Natur. Auf solche Weise verhilft sie zu einer natürlichen, gesunden und richtigen Betrachtungsweise der Dinge, die für das menschliche Denken und Tun ganz allgemein von großer Bedeutung ist; außerdem erzieht sie zur Genauigkeit und im besten Sinne zum „Wägen vor dem Wagen".

So erkennen wir denn, daß die Grundlehren und Ergebnisse der

Digitized by Google

Himmelskunde nicht nur einen hohen wissenschaftlichen Wert besitzen, sondern daß deren Kennen und Erfassen zugleich von grundlegender und erzieherischer Bedeutung für den menschlichen Geist ist. Hierzu kommt noch, daß die Methoden der astronomischen Forschung von geradezu mustergültiger Einfachheit, schlichter Durchsichtigkeit und von eindrucksvoller Genauigkeit im Laufe der Jahrhunderte geworden sind, so daß deren Studium auch für die anderen Zweige der exakten Naturwissenschaften von vorbildlicher Bedeutung sein dürfte. Dies ist nicht ausschließlich etwa ein besonderes Verdienst der Astronomen, sondern die einfache Begründung dieser Tatsache kann vielmehr auch unmittelbar in der Natur der Gegenstände selbst gesucht werden, mit denen die Himmelskunde zu tun hat. In sehr weiten, fast unendlich großen Entfernungen vom Beobachter spielen sich Vorgänge und Bewegungen im Weltenraume ab, welche gewissermaßen in ungestörter Reinheit und mit voller Unbefangenheit erfaßt und mathematisch berechnet werden können.

Wie ganz anders gestalten sich dagegen die Vorgänge und Erscheinungen z. B. auf physikalischen und chemischen Gebieten! Da findet das Experiment zumeist in unmittelbarer Nähe des Beobachters statt, störende Nebenerscheinungen machen sich geltend, und die Phänomene an sich können nur schwer in abstrakter Reinheit mathematischen Gesetzen unterworfen werden. Auf diese Weise müssen die Methoden der astronomischen Wissenschaften im allgemeinen durchsichtiger, einfacher und auch verhältnismäßig genauer sein als diejenigen der übrigen exakten Naturwissenschaften, denen sie deshalb zum vorbildlichen Muster dienen können.

In dem oben erwähnten Ausspruche Kants von der Erhabenheit des gestirnten Himmels über uns und des moralischen Gesetzes in uns wird der Makrokosmos außer uns mit der mikrokosmischen Welt in unserem Seelen- und Empfindungsleben in eine gewisse, wenn auch zunächst nur lose Verbindung gebracht. In der Tat existiert aber ein merkwürdiger Zusammenhang zwischen der nunmehr mindestens 50 Jahrhunderte alten Himmelskunde und dem etwa erst seit 50 Jahren erschlossenen Wissenszweige, der es mit der tieferen Ergründung unserer Denk- und Empfindungsapparate zu tun hat, ein Zusammenhang, von dem der große Königsberger Philosoph kaum mehr als eine Ahnung gehabt haben dürfte. Die Grundlagen und ersten experimentellen Ergebnisse dieser sogenannten „physiologischen Psychologie", die das Denken über unser Denken lehrt, sind gerade in Verbindung

Digitized by Google

mit astronomischen Präzisionsmessungen zeitlicher und räumlicher Intervalle geschaffen worden. Erst astronomische Zeitmessungen sowie Winkel- und Distanzauswertungen feinster Art haben darüber Aufschluß gegeben, daß unsere gesamten Empfindungs- und Denkapparate selten richtig und niemals schnell arbeiten. In diesem, nur wenige Jahrzehnte alten Grenzgebiete zwischen Astronomie und Physiologie, welches die Fehler der Sinneswahrnehmungen bei Präzisionsmessungen behandelt, ist ein neues und besonders interessantes Forschungsfeld erschlossen worden, das Gebiet der sogenannten absoluten und relativen Fehler der Auffassung verschiedener Beobachter.

In den vorangehenden Betrachtungen ist ganz kurz die ideale Bedeutung der Himmelskunde geschildert und ihr eigenartiger Zusammenhang nicht nur mit der Mathematik, Physik, Chemie und Technik, sondern auch mit dem scheinbar abseits liegenden Gebiete der physiologischen Wissenschaft angedeutet worden. Diese mehr oder weniger innige Beziehung der Astronomie mit der Mathematik und den exakten Naturwissenschaften bedarf noch etwas näherer Erklärung. Es genügt dazu zunächst, einen kurzen Überblick über die Aufgaben der Astronomie zu geben. Die Himmelskunde beschäftigt sich im allgemeinen mit der Lehre von der Lage und Bewegung der Himmelskörper, mit den Ursachen dieser Bewegungen und mit der physischen Beschaffenheit der Gestirne. Entsprechend diesen verschiedenen Gebieten unterscheidet man:

1. Sphärische Astronomie, welche die relative Lage der Gestirne an der Himmelskugel gegeneinander und ihre Stellung in bezug auf bestimmte Koordinatensysteme behandelt, ferner die scheinbare tägliche und jährliche Bewegung an der Himmelskugel sowie alle damit zusammenhängenden Probleme erörtert, endlich die unter der Bezeichnung „geographisch-nautisch- und aeronautisch-astronomische Ortsbestimmung" zusammengefaßten Aufgaben löst.

2. Theoretische (oder auch theorische) Astronomie, welche die wahren Bewegungen der Himmelskörper, deren Gesetze sowie Ursachen erforscht und demgemäß in die Lehre von den Bahnbestimmungen sowie in die Mechanik des Himmels zerfällt.

3. Physische Astronomie oder Astrophysik, welche sich mit der physischen und chemischen Beschaffenheit der Himmelskörper beschäftigt.

4. Praktische Astronomie, welche die zu den Beobachtungen verwendeten Instrumente beschreibt, ihre Theorie und Anwendung

Digitized by Google

erklärt, sowie die verschiedenen Methoden zur Beobachtung und Berechnung darlegt.

Wie auf allen Gebieten der Naturwissenschaften gibt es auch in der Astronomie keine strengen Klassifikationen, deren Wert überhaupt nur ein schematischer, der menschlichen Auffassung eigentümlicher sein kann. Bei den faktischen Aufgaben der Himmelskunde, die ihre Wurzeln in den mathematischen, physikalischen, chemischen und technischen Wissenschaften hat, greift ein Gebiet in das andere über, so daß jede strengere Scheidung illusorisch wird.

Allen Zweigen der Astronomie gemeinsam ist aber die mathematische Grundlage, welche in der praktischen, physischen und sphärischen Astronomie zwar in mehr oder weniger bescheidenen Grenzen bleibt, sich jedoch in der theoretischen Astronomie bis zu den höchsten bisher erreichbaren Spitzen jener abstraktesten Logik erhebt. Wenn man von diesem letzten, nur wenigen zugänglichen Gebiete absieht, so bleibt bei der in der Astronomie durchgeführten Anwendung der Mathematik ein Bildungsideal übrig, welches sogar der Mehrzahl nicht nur erreichbar, sondern zugleich förderlich sein dürfte. Auch in dieser Hinsicht kommt der Beschäftigung mit der Himmelskunde eine allgemein erzieherische Bedeutung zu, da in der allgemeinen Bildung der modernen Menschen die Mathematik, nach Pringsheim „die vollendetste und reinste Form logischer Geistestätigkeit und zugleich die Verkörperung höchster Verstandesästhetik", bisher nur einen schwachen Teil darstellt. Und doch ist, wie u. a. auch Ebner hervorhebt, eine allgemeine mathematische Bildung ebenso notwendig und kaum schwerer erreichbar als die sprachliche, historische und naturwissenschaftliche Durchbildung. Selten ist schöner und überzeugungstreuer die Eigenart des mathematischen Bildungsideals geschildert worden als von Hauck, dessen Ausspruch hier Platz finden möge: „Wenn es wahr ist, daß das Wesen reinen, ästhetischen Wohlgefallens darin begründet liegt, daß innere Ideale des Geistes ihre verklärenden und belebenden Strahlen auf die tote Form des Angeschauten werfen, schwelgt dann der Mathematiker nicht beständig im reinsten Genuß ästhetischer Freuden? Wo kommt das Prinzip der Belebung der Form durch den Inhalt der Vorstellungen reiner und geistiger zum Ausdruck als in der Formelsymbolik des Mathematikers? Seiner Formeln künstliche Gefüge zeigen ihm, wie in melodisch reichem Fluß des Reizes Linien sich winden, wie der Kurven Netze sich verschlingen, wie der Flächen Wöl-

Digitized by Google

hungen sich dehnen; und der leere Raum belebt sich ihm zu einer Welt von Schönheit und Entzücken ... So hebt er sich an der Hand seiner Formelsymbolik auf den Schwingen der Phantasie empor bis zu jenen Höhen, wo ihn die überirdische Gewalt jenes stillen, sanften Sausens erfaßt, in dem sich seiner ahnenden Seele die Nähe des Weltengeistes offenbart ..."

Was hier von der Mathematik gesagt ist, gilt nicht minder eindringlich auch von der gewaltigsten Anwendung der mathematischen Wissenschaft, von der Astronomie, deren überirdisch großartige und zugleich ethisch so wertvolle Probleme jenen Wissenszweig zur Lieblingswissenschaft aller denkenden Menschen gemacht haben und sie im Anschauen des ewigen Lichtquells alles Wahren und Schönen schwelgen lassen. Darin liegt auch eine unvergleichlich hohe, ideale Bedeutung der Himmelskunde, von deren Macht Seneca sagt, daß kaum ein Mensch seine Augen zum Himmel erhebt, ohne Ehrfurcht und Bewunderung beim Anblick so vieler Millionen strahlender Lichter, bei der Beobachtung ihres Laufes und ihrer Umwälzungen zu empfinden.

Aber die Astronomie, die älteste unter den Naturwissenschaften, welche Bewegung und Beschaffenheit der Himmelskörper beschreibt und gleichzeitig wichtige Aufschlüsse über räumliche wie zeitliche Verhältnisse im Bereiche unserer Erde gibt, hat nicht nur die im vorangehenden geschilderte ideale Bedeutung, sondern auch einen hervorragend praktischen Wert für die äußere Wohlfahrt der Menschheit. Dies zu betonen, ist durchaus nicht überflüssig, denn noch in ziemlich weiten Kreisen findet man die Ansicht verbreitet, daß die Himmelskunde im Gegensatz zu anderen Gebieten der Naturwissenschaften Ziele verfolge, die vollkommen außerhalb des praktischen Lebens, ja über allen irdischen Bestrebungen stehen. Man begegnet sogar häufig der Anschauung, daß die Astronomie ein philosophisches Luxusgebiet sei, das zwar zur Pflege der idealen Güter unterstützt werden müsse, dem jedoch gegenüber den Anforderungen des Lebens keine praktische Bedeutung zukomme. Nichts wäre irriger als diese Ansicht zu teilen, denn die Interessen der Astronomie umfassen nicht nur das Weltall, sondern die gesamte Menschheit mit allen Gütern ihrer inneren und äußeren Wohlfahrt. In der Himmelskunde haben wir eine eigenartige Wissenschaft, welche im Gegensatz zu der Beschränkung steht, die Goethe den Irdischen in seinem Gedichte „Die Grenzen der Menschheit" auferlegt. Ihr Gebiet hebt sich „aufwärts und berührt

Digitized by Google

die Sterne", zugleich aber steht es mit festem Fundament „auf der wohlgegründeten Erde, ohne daß Winde und Wolken mit ihm spielen".

Hätte jemand noch vor dreihundert Jahren es unternehmen wollen, die Bedeutung der Astronomie für das praktische Leben darzutun, er wäre in den Verdacht eines Astrologen gekommen. Beruht doch auch heute noch bei vielen Menschen die Anziehungskraft der Himmelskunde vielleicht weniger auf ihrer naturwissenschaftlichen Exaktheit als vielmehr auf dem scheinbar mystischen Zauber ihrer Weltabgeschlossenheit. Auch in unserer aufgeklärten Zeit, wo die irrende Astrologie oder Sterndeuterei längst in Trümmer gesunken und ihre siegreiche Schwester, die Astronomie oder Sternkunde zur Königin der Wissenschaften geworden ist, darf man sich nicht verhehlen, daß durch die Gemüter mancher besonders phantastisch angelegter Menschen noch immer ein unbestimmtes astrologisches Gefühl zittert, das jenen Millionen strahlender Lichter am Firmament irgendeinen Einfluß auf Menschenwohl und irdisches Geschehen anzudichten geneigt ist. Hat doch Jahrtausende hindurch der vermessene Irrtum bestanden, daß man aus den Gestirnen die Zukunft vorhersagen und Horoskope stellen könne.

„Die Sterne lügen nicht. Das aber ist
Geschehen wider Sternenlauf und Schicksal",

so läßt Schiller seinen der Astrologie ergebenen Helden Wallenstein sprechen, dem sogar der große Kepler ein allerdings ganz falsches Horoskop gestellt hat, und den Schiller mit Bezug auf den Planeten Jupiter die herrlichen Worte ausrufen läßt:

„Es ist der Stern, der meinem Leben strahlt,
Und wunderbar oft stärkte mich sein Anblick."

Wir aber freuen uns, daß trotz der Dienste, welche die Astrologie für die Astronomie ähnlich wie seinerzeit die Alchimie für die Chemie geleistet hat, die Astronomie seit Galilei in schlichter Ehrlichkeit ihre falsche Halbschwester fallen ließ, und daß sich mit dem Raum und Zeit durchdringenden Gesetze eines Newton der Übergang von der „lächerlichen" Astrologie zur „erhabenen" Astronomie für immer vollzogen hat.

Die folgenden Betrachtungen sollen in einem kurzen zusammenfassenden Überblick zeigen, wie das astronomische Wissensgebiet derartig nützliche Seiten aufweist, daß ohne dieses Arbeitsfeld manche sehr wichtige Einrichtungen zur Wohlfahrt und Sicherheit des Lebens ver-

Digitized by Google

Abb. 1. Partielle Mondfinsternis.

schwinden oder doch verkümmern müßten. Dies darzustellen gewährt dem Astronomen eine nicht zu verkennende Befriedigung, auch wenn man mit Recht dem altbewährten Grundsatze huldigt, daß die Wissenschaft um ihrer selbst willen zu pflegen sei, ohne Rücksicht, ob dieser oder jener Wissenszweig einen direkten Nutzen für das praktische Leben hat.

Bis in die graue Vorzeit, mindestens drei Jahrtausende vor Christi Geburt, reicht die Geschichte der Himmelskunde zurück. So ist es historisch überliefert, daß die Herrscher der alten Chinesen bereits 2000 Jahre vor Christo zwei Hofastronomen sich hielten, deren Pflicht es war, die Bewegungen der Himmelskörper zu verfolgen und besonders das Eintreten von Sonnen- und Mondfinsternissen rechtzeitig vorherzusagen, damit Herrscher und Priester auf das Volk in ihrem Sinne einzuwirken vermochten. Waren es daher zuerst auch mehr oder weniger religiöse und politische Beweggründe, welche die Betrachtung der Gestirne und die Aufzeichnung ihrer Bewegungen in grauer Vergangenheit veranlaßten, so trat doch schon in allerfrühester Zeit ein überaus praktisches Moment hinzu, um die Himmelskunde bei fast allen, selbst den auf niedriger Kulturstufe stehenden Völkern zu beleben. Es war dies die Möglichkeit, aus den Stellungen der Sonne, des Mondes, der großen Planeten sowie der bekanntesten Fixsterne am Himmelsgewölbe sowohl Richtungsbestimmungen bei Fortbewegungen zu Wasser und zu Lande als auch Zeitschätzungen ausführen zu können.

Eine der armseligsten Menschenrassen, das Zwergvolk der Buschmänner in Afrika, deren Zahlenausdrücke nur bis zwei reichen, hat doch besondere Namen für die Sternbilder, unterscheidet Planeten von Fixsternen und besitzt Märchen, die von der Beobachtung der Himmelserscheinungen Zeugnis ablegen. So denken sich die Buschmänner den Ursprung der Sterne derart, daß ein Mädchen von einem längst vergangenen Volksstamme, um ihren den Heimweg suchenden Leuten die Richtung anzugeben, glühende Asche an den Himmel warf, die als-

Digitized by Google

bald zu Sternen wurde. Diese kosmogonische Vorstellung eines auf der untersten Kulturstufe stehenden Volksstammes ist besonders sinnig, weil gerade die Beobachtung der Gestirne über Lage und Fortbewegung auf der Erde orientiert.

Die polynesischen Völker der alten Zeit vollführten ausgedehnte Seereisen im Bereiche des Stillen Ozeans, indem sie die Richtung der Fahrt am Tage nach der Sonne, nachts nach der Stellung heller Sternbilder bestimmten. Aus den Höhen von Sonne und Mond, damals noch mit den Fingern der Hand gemessen, wurden außerdem die Tages- und Nachtstunden geschätzt. So kamen von der Hauptinsel des samoanischen Archipels Sawaii in alter Zeit polynesische Einwanderer auf langer Meeresfahrt nach Norden zu den hawaiischen Inseln.

Als vor etwa 900 Jahren die Normannen weite Strecken des Atlantischen Ozeans durchfuhren, navigierten sie nach den Sternen, wenn auch noch ohne Instrumente. Sobald aber die Fahrtrichtung unsicher wurde, ließen sie von ihren Wikingerschiffen pfadfindende Vögel, z. B. Raben aufsteigen, die sich schnell in große Höhen emporhoben und von oben ferne Küstenstriche oder Inselumrisse erblicken konnten. Dem landwärts gerichteten Fluge dieser sozusagen zoologischen Lotsen folgten dann die Schiffe und erreichten in Etappen von Insel zu Insel auf dem Wege über Grönland und Labrador bereits damals die nordamerikanische Küste. Als dann Kolumbus fast 500 Jahre später die Neue Welt von neuem entdeckte, kannte und benutzte er schon die Grundlehren astronomischer Nautik, welche von den Arabern zu hoher Blüte gebracht war; seine Navigation erfolgte auf Grund astronomischer Beobachtungen unter Anwendung besonderer tragbarer, winkelmessender Instrumente, wie Astrolabium und Jakobsstab, letzterer übrigens der Vorläufer des modernen Sextanten, mit dem wir uns im dritten Abschnitt noch näher zu beschäftigen haben werden.

Die Ära der gewaltigen maritimen Entdeckungen, durch Spanier und Portugiesen eingeleitet, stellte damals auch an die Astronomie als Mutterwissenschaft der Schiffahrt erhöhte und immer dringlichere Anforderungen. Die Seeleute verlangten genaue Vorausberechnungen der Stellungen von Sonne, Mond und Planeten, um aus astronomischen Beobachtungen derselben den Schiffsort auf der Meeresfläche zu finden. Da war es ein deutscher Astronom Johannes Müller, genannt Regiomontanus, im 15. Jahrhundert zu Nürnberg

Digitized by Google

lebend, der mit allen Kenntnissen der griechischen und arabischen Astronomie vertraut, für viele Jahre im voraus, allerdings noch immer auf der unrichtigen geozentrischen Theorie des Ptolemäus fußend, die Stellungen der Himmelskörper unseres Sonnensystems berechnete.

So entstand das erste, und zwar ein deutsches astronomisch-nautisches Jahrbuch, welches von spanischen und portugiesischen Seefahrern dazu benutzt wurde, die Lage der Küstenpunkte der neuen Welt in Verbindung mit astronomischen Beobachtungen auf den Meridian von Nürnberg, für den das erste Jahrbuch galt, zu beziehen. Aber schon bald stellte es sich heraus, daß zu etwas genaueren nautischen und geographischen Ortsbestimmungen, deren Wesen erst im zweiten Abschnitt näher behandelt werden wird, die auf der alten geozentrisch-epizyklischen Theorie des Ptolemäus beruhenden Tafeln unzulänglich waren und zu großen Irrtümern führten. Es kam gebieterisch das Verlangen nach einer neuen, genaueren astronomischen Theorie, die übrigens nicht nur von der Nautik, sondern auch von dem Kalenderwesen dringend gefordert wurde.

Wiederum war es einem deutschen Forscher Nikolaus Kopernikus aus Thorn (1473—1543) vorbehalten, auch hierfür die rettende wissenschaftliche Tat zu vollbringen. Mit mathematischem Scharfblick erkannte er in dreißigjähriger stiller Forscherarbeit und angeregt durch die Ahnungen altgriechischer Philosophen, daß die Bewegungen der Gestirne sich nicht durch die epizyklische Theorie der Alten um eine ruhende Erde als Mittelpunkt, sondern vielmehr durch eine Achsendrehung der Erde und ihre Bewegung um die Sonne erklären und scharf berechnen ließen.

Auf Grund dieser richtigen, durch zahlreiche Beweise, beruhend auf den Arbeiten von Kepler, Galilei und Newton, gefestigten heliozentrischen Weltanschauung haben dann allmählich auch die astronomischen Jahrbücher diejenige Höhe und Schärfe erreicht, die zu genauen Ortsbestimmungen auf der Erde mit Hilfe astronomischer Gestirnsmessungen notwendig ist.

Die Genauigkeit, welche z. B. Kolumbus im 15. Jahrhundert bei seinen nautischen Ortsbestimmungen erzielte, betrug nur etwa einen halben Grad oder in mittleren Breiten auf der Erdoberfläche gerechnet ungefähr 50 km. Als im 18. Jahrhundert die Marinechronometer in England von Harrison konstruiert wurden und auch der Spiegelsextant von Hadley zur Anwendung kam, erhielt man Orts-

Digitized by Google

bestimmungen auf See mit einer Genauigkeit von etwa $^1/_6$ Grad (16 km). Ungefähr zur gleichen Zeit hatte der deutsche Astronom Tobias Mayer (1723 bis 1762) genauere Mondtafeln berechnet, die im wesentlichen auf der Eulerschen Theorie der Mondbewegung beruhten und zur Auswertung der Längenbestimmungen auf See nach Mondbeobachtungen dienten. Auf Newtons Anregung hatte die englische Regierung in richtiger Würdigung der Bedeutung einer gesicherten astronomischen Nautik einen Preis von fast einer halben Million Mark für eine hinreichend genaue Methode ausgesetzt, um auf dem Schiff fortlaufende Längenbestimmungen auszuführen. Je ein Drittel dieses Preises erhielten Harrison für die ersten brauchbaren Uhren, Euler für seine Vervollkommnung der Mondtheorie und T. Mayer für seine verbesserten Tafeln der Sonnen- und Mondbewegung.

Abb. 2. Photographische Aufnahme des Mondes (fast Vollmond).

Bei der modernen Navigation, mit der wir uns später (im zweiten Abschnitt) noch ausführlicher zu beschäftigen haben, wird eine Positionsbestimmung des Schiffes auf ungefähr 1,5 Bogenminuten oder auf $^1/_{40}$ Grad, in mittleren Breiten auf der Erdoberfläche gemessen also bis auf rund 2,5 km sicher erzielt. Man erkennt aus den im vorangehenden erörterten Zahlenverhältnissen für die Genauigkeit in der Ermittlung des Schiffsortes sofort, welche großen Fortschritte in der Herstellung der nautischen Instrumente und in der Verbesserung der astronomischen Navigationsmethoden sich im Laufe der letzten 100 Jahre vollzogen haben.

Digitized by Google

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bei Landreisen oder für die geographische Ortsbestimmung am Lande. Während die arabischen Astronomen bei ihren Orientierungen mit tragbaren Instrumenten im 9. Jahrhundert noch Fehler von 20 Bogenminuten oder $^1/_3$ Grad (30 km) begingen, gelang es im 16. Jahrhundert, zur Zeit des großen dänischen Astronomen Tycho Brahe (1546—1601), der damals der astronomischen Beobachtungskunst neue Bahnen eröffnete, geographische Ortsbestimmungen aus Beobachtungen von Gestirnen bis auf eine Bogenminute ($^1/_{60}{}^0 = 1{,}8$ km) genau auszuführen. Heute verlangt und erreicht man bei der genäherten Ortsbestimmung auf Reisen fast noch den 60. Teil jener Genauigkeit (eine Bogensekunde), während die von Astronomen mit ganz besonderer Präzision zu messenden geographischen Orientierungen z. B. von Hauptpunkten einer Landesvermessung sogar bis auf die Zehntelbogensekunde ($^1/_{36000}{}^0$) oder in linearem Maße auf der Erdoberfläche in mittleren Breiten bis auf 3 m sicher sein können. Würde also z. B. der Beobachtungspfeiler, auf dem an einer Hauptstation der Astronom sein Instrument aufgestellt hat, um 3 m verschoben werden, so müßte eine solche Verschiebung sich aus der nach astronomischen Messungen an Gestirnen vollzogenen Ortsbestimmung ohne weiteres ergeben. Auch hier erkennt man im Laufe weniger Jahrhunderte die großen Fortschritte in der Vervollkommnung der Instrumente und in der Verfeinerung der astronomischen Beobachtungsmethoden.

Doch kehren wir bei diesem allgemeinen Überblicke nach den soeben erörterten Zahlenverhältnissen zurück zu unserem eigentlichen Thema, die praktische Bedeutung der Astronomie zu erweisen. Wir sahen, wie schon seit den ältesten Zeiten dem Menschen zum Bewußtsein gekommen war, daß das die Erde scheinbar konzentrisch umgebende Himmelsgewölbe, mathematisch-mechanisch betrachtet, eine große Uhr sei, deren mehr oder weniger festes Zifferblatt durch die Sterne, deren bewegliche Zeiger durch Sonne, Mond und Planeten gebildet werden. So leisteten für Jahrtausende die Himmelskörper den beobachtenden Seefahrern der alten Zeit dieselben Dienste wie Chronometer und Kompaß bei der modernen, allerdings auch viel komplizierteren Schiffahrt. Kompaß und Chronometer lassen sich aber auch heute noch nur dann richtig anwenden, wenn ihre Angaben fortlaufend durch astronomische Messungen berichtigt werden. Denn z. B. die sogenannte „Deviation" des Kompasses oder die Abweichung, welche die

Digitized by Google

Richtung der Magnetnadel unter dem störenden Einfluß eiserner Schiffsmassen von der magnetischen Nord-Südlinie zeigt, ferner die auf längeren Seereisen stets unvermeidlichen Unsicherheiten im Gange der Marinechronometer machen eine dauernde Kontrolle beider Instrumente durch fortlaufende astronomische Beobachtungen notwendig.

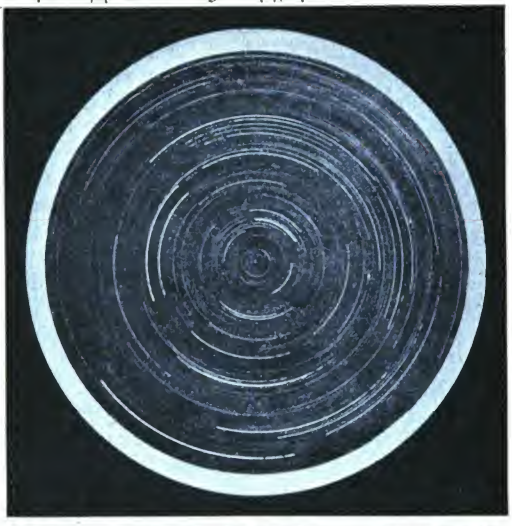


Abb. 3. Photographischer Beweis für die scheinbare Drehung der Himmelskugel oder die wirkliche Erdrotation: Aufnahme konzentrischer Sternspuren um den nördlichen Himmelspol.

Aber die Astronomie ist für die Schiffahrt nicht nur von unmittelbar helfender, sondern von geradezu entscheidender Bedeutung, wenn es sich darum handelt, den Ort des Schiffes auf der Wasserfläche zu bestimmen. In Sicht der Küste ist dies durch sogenannte Peilungen oder Einstellungen auf terrestrische Objekte, deren Lage durch genaue, übrigens auch auf astronomischen Messungen beruhende Karten gegeben wird, ziemlich leicht. Aber auf hoher See, wenn nur Himmel und Wasser vom Schiffe aus gesehen werden, dann müssen an den Gestirnen mit Hilfe astronomischer Instrumente genauere Messungen angestellt werden, die an der Hand astronomischer Ephemeriden zu berechnen sind, um zu wissen, wo das Schiff sich überhaupt befindet. Zwar läßt sich dies auf speziellen Seekarten auch in sogenannter graphischer Weise durch Konstruktion genähert erreichen, indem der Kurs des Schiffes aus der Kompaßrichtung eingetragen wird, außerdem die durchlaufene Strecke z. B. mit einem die Meilenzahl angebenden

Digitized by Google

Log gefunden und auf der Karte abgesteckt werden kann. Aber ein auf solche Weise ermittelter Schiffsort, der im technischen Ausdruck ein „gegißter" genannt wird, stimmt nur selten und niemals dann mit dem wirklichen Orte des Schiffes überein, wenn stürmisches Wetter oder starke Meeresströmungen die normale Schiffsgeschwindigkeit bedeutend und unregelmäßig geändert haben. Alsdann verhilft einzig und allein die unmittelbare astronomische Beobachtung am Himmel dazu, den genauen Schiffsort zu finden, indem am Tage Höhen der Sonne und nachts diejenigen geeigneter Sterne mit Hilfe besonderer, später näher zu beschreibender Spiegelinstrumente gemessen und mit Benutzung besonderer astronomischer Tabellen berechnet werden.

Denken wir uns ein Schiff auf hoher See, welches seinem Bestimmungsorte in möglichst kurzer Frist zueilen muß, um an Kohlen und am Unterhalte zahlreicher Passagiere zu sparen. Für die Schiffsleitung wird es von größter Wichtigkeit sein, das Fahrzeug auf der kürzesten Linie von Hafen zu Hafen zu bringen, wozu astronomische Beobachtungen über den genauen jeweiligen Schiffsort notwendig sind. Besonders bei den neuzeitlichen schnellfahrenden großen Dampfern der Handels- und Kriegsmarine müssen die direkten Ortsbestimmungen zur sicheren Festlegung der Fahrt sowohl am Tage wie des Nachts häufiger wiederholt werden, und im Kriegsfalle wird diejenige Marine überlegen sein, die nicht nur die schnellsten und bestarmierten Fahrzeuge besitzt, sondern zugleich auch die am sichersten funktionierende astronomische Navigation auszuüben versteht.

Für größere Schiffe ist ferner die Fahrt in die Hafenorte und aus denselben nur dann gesichert, wenn genaue Gezeitentabellen vorhanden sind, welche die jeweilige Höhe des Wasserstandes an den Meeresküsten zu verschiedenen Zeiten richtig angeben. Diese wechselnden, durch Ebbe und Flut der Meere bedingten Wasserstände werden bekanntlich durch die in verschiedenen Kombinationen auftretende Anziehungskraft von Mond und Sonne auf die Wassermassen der Erde verursacht. An allen ozeanischen Küsten tritt je zweimal im Verlaufe von 24 Stunden ein Steigen und Fallen des Meereswassers ein, die schönste und großartigste rhythmische Bewegung der Hydrosphäre unseres Planeten. Die genaue Berechnung und die scharfe Vorausbestimmung dieser, den allgemeinen Anziehungsgesetzen der Himmels-

Digitized by Google

körper folgenden Erscheinung ist der astronomischen Wissenschaft nach den epochemachenden Arbeiten eines Newton, Thomson, George Darwin und Börgen gelungen.

So beruhen denn, wie wir gesehen haben, Sicherheit und Schnelligkeit der modernen Schiffahrt, also eines der wichtigsten Hilfsmittel zur Belebung von Kultur und Handel, wesentlich auf Erfahrungen und Ergebnissen der astronomischen Wissenschaft. Ja, man kann ohne Übertreibung sagen, daß die Astronomie die Mutter der Schiffahrt ist und insofern auch für den Welthandelsverkehr eine große Bedeutung besitzt.

Was für Seereisen soeben mit Bezug auf die Himmelskunde kurz entwickelt worden ist, gilt in ähnlicher Weise auch für Landreisen und Luftfahrten. Handelt es sich um Expeditionen in solche Gebiete, die entweder noch gänzlich unbekannt oder nur ungenügend kartographisch festgelegt sind, so erfolgt die Orientierung und die Herstellung genauerer Karten im wesentlichen mit Hilfe astronomischer Bestimmungen der beiden geographischen Koordinaten Breite und Länge, auf die im zweiten und dritten Abschnitt noch näher einzugehen sein wird. Forschungsreisende und Geographen müssen deshalb geeignete Messungen am Himmel anstellen, um zu wissen, wo sie sich auf der Erde befinden. Auch bei genaueren Landesvermessungen und den darauf beruhenden Karten, also gleichfalls einer für die gesamte Kultur äußerst wichtigen Arbeit, werden die Hauptpunkte in Breite und Länge durch astronomische Messungen bestimmt. Die Probleme der geographisch-astronomischen Ortsbestimmung, deren eingehende Erörterung in den beiden nächsten Abschnitten erfolgt, haben daher schon von alters her ein ganz besonderes Interesse in Anspruch genommen. Ihr Gebiet ist neuerdings dadurch noch bedeutend erweitert worden, daß die hierauf bezüglichen Gestirnsbeobachtungen auch auf photographischem Wege mit Erfolg ausgeführt worden sind.

Als ganz neues Feld astronomischer Anwendung ist in jüngster Zeit endlich die Ortsbestimmung im Luftballon hinzugekommen, die von geradezu entscheidender Bedeutung, besonders bei Dauerfahrten unserer Aeronauten sein kann. Eine Ballonfahrt mit Anblick der Erdoberfläche gleicht der Schiffahrt in Sicht der Küste, wo einfache kartographische Orientierungen alles leisten. Ist aber die Erdoberfläche für den Beobachter in der Gondel durch Wolken verdeckt oder des Nachts nicht erkenntlich, so muß der Luftschiffer, ähnlich wie der See-

Digitized by Google

fahrer auf hohem Meere, sich mit Hilfe der Gestirne orientieren. Die Verhältnisse in der Luft sind in dieser Hinsicht viel ungünstigere als auf See, da der Beobachter im Ballon in relativer Ruhe sich befindet und ohne Orientierung nach unten zunächst nicht weiß, wohin und wie schnell er fliegt. Kompaß und Log des Seeschiffes versagen auf dem Luftfahrzeug zur direkten Bestimmung der sogenannten Versegelung oder Ortsversetzung, wichtige und schnell wechselnde horizontale Luftströmungen werden nicht immer erkannt, und der Aeronaut weiß nicht recht, wo und ob er landen kann."

Hier vermag nun die Astronomie in einfacher Weise zu helfen, und seit André, der auf seiner unglücklichen Polarfahrt im Luftballon gleichfalls astronomische Ortsbestimmungen auszuführen gedachte, sind die Instrumente und Methoden der aeronautisch-astronomischen Ortsbestimmung, wie in den beiden nächsten Abschnitten näher gezeigt werden soll, so weit gefördert worden, daß es jetzt unschwer gelingt, die geographische Lage der Ballonorte über der Erdoberfläche bis auf etwa sechs Bogenminuten oder in mittleren Breiten mit einer Genauigkeit von ungefähr 10 km festzulegen. Das genügt vollkommen zur notwendigen Orientierung und zur Bestimmung einer gesicherten Landung.

So haben wir auf Grund der vorangehenden Betrachtungen erkannt, daß die Astronomie für die geographische Orientierung bei Land-, See- und Luftreisen von außerordentlicher praktischer Bedeutung ist. Aber noch zwei andere, ungemein wichtige und für das Leben der Menschen unentbehrliche Segnungen sind unmittelbar mit der Himmelskunde verknüpft: der regelmäßige Zeitdienst und die allgemeine Zeitrechnung.

„Unsere Zeit steht unter dem Zeichen des Verkehrs." In allen Kulturländern befinden sich ausgedehnte Netze von Eisenbahnlinien (auf der ganzen Erde gegenwärtig über 800000 km in Länge, also mehr als der doppelten mittleren Entfernung Erde — Mond entsprechend), deren sichere und schnelle Handhabung von größter Bedeutung für das wirtschaftliche und politische Leben der Nationen ist. Im Bereiche einzelner Städte und Gemeinden funktionieren in entsprechender Weise engverzweigte Transportlinien, ohne deren prompte und unablässige Ausnutzung Handel und Verkehr verkümmern müßten. Und über diesem ganzen, riesenhaften Mechanismus, der auf der gesamten Erde die gewaltigsten Maschinen und die bescheidensten Fuhrwerke in Bewegung hält, thront als Regulator die Zeit.

Digitized by Google

Gäbe es keine zeitmessenden Instrumente, d. h. Uhren, welche die Tagesintervalle mindestens auf Sekunden genau einteilen, so könnte das moderne Verkehrsleben, wie es besonders im Eisenbahn- und Telegraphendienste zutage tritt, nicht mit Sicherheit bestehen. Aber auch die von Menschenhand gefertigten Uhren bedürfen unausgesetzt der Kontrolle; selbst die besten Pendeluhren sind naturgemäß durch den wechselnden und nie ganz zu kompensierenden Einfluß von Temperatur, Luftdruck und Feuchtigkeit sowie infolge unvermeidlicher Unvollkommenheiten im Mechanismus manchen Unsicherheiten im Gange ausgesetzt, die sich im Laufe der Zeit, bei etwa nicht stattfindender Kontrolle, auf viele Minuten und noch mehr steigern können.

Diese Kontrolle der Uhren liegt aber ganz und gar in den Händen der astronomischen Wissenschaft, denn die natürliche und gewaltige Normaluhr, deren Mechanismus, wie wir wissen, seit Jahrhunderten sich nicht um ein Tausendstel Zeitsekunde geändert haben kann, ist die scheinbare Drehung des Himmelsgewölbes oder in Wirklichkeit die Rotation unserer Erde von West nach Ost um ihre Achse. Zwar sind theoretische Möglichkeiten vorhanden für eine etwaige Veränderlichkeit der Tageslänge, die aus Reibungen der entgegengesetzt der Erdrotation fortschreitenden Flutwellen, aus Kontraktionen der Erdrinde durch Abkühlung und aus Niederschlägen kosmischer Meteormassen resultieren, aber bisher haben selbst die feinsten astronomischen Zeitmessungen keine praktischen Nachweise für eine Verzögerung oder Beschleunigung der Erdrotation liefern können.

Jede Sternwarte besitzt mindestens eine Normaluhr, deren Aufstellung eine besonders gesicherte sein muß, und deren Angaben fortlaufend nach Sternbeobachtungen durch besondere astronomische Zeitbestimmungen kontrolliert werden. Diese Normaluhr dient auch zur Austeilung von Zeitsignalen im näheren und weiteren Umkreise der zugehörigen Länder. Nach den Signalen jenes Zeitdienstes, der jetzt in allen Kulturländern der Erde eingeführt ist, und über den sich im vierten Abschnitt nähere Angaben finden, werden sämtliche für den Eisenbahn- oder Postdienst und für den öffentlichen Verkehr bestimmten Uhren reguliert. Auch in den wichtigeren Hafenorten der Erde befinden sich sogenannte Zeitbälle, welche von den im näheren Bereiche liegenden Sternwarten aus reguliert werden. Diese Zeitbälle, über die gleichfalls der vierte Abschnitt des vorliegenden Buches Näheres bringen wird, sollen den Seefahrern bis auf die Sekunde ge-

Digitized by Google

Abb. 4. Zeitball in Swinemünde, reguliert von der Berliner Sternwarte (Berlin-Babelsberg).

nau durch deutliches, weithin sichtbares Herabfallen eines großen Balles das Mittagsmoment oder einen anderen bestimmten Zeitpunkt angeben, um die Korrektion der Schiffschronometer zu bestimmen und ihren Gang einer Kontrolle zu unterziehen.

An die Kenntnis von der Bewegung der Himmelskörper knüpft sich aber, abgesehen von den obenerwähnten Orts- und Zeitbestimmungen noch ein dritter wesentlich praktischer Zweck, nämlich die Auffindung und Erhaltung eines bequemen und sicheren Maßes der Zeitrechnung, welches im Kalenderwesen[1]) zum offenkundigen Ausdruck kommt. Besonders Sonne und Mond sind in dieser Beziehung von ausschlaggebender Bedeutung. Fast allen Bewohnern unseres Planeten, abgesehen von den Polarvölkern, für die der Tag den ganzen Sommer, die Nacht den ganzen Winter dauert, mußte schon in allerfrühester Zeit der durch Auf- und Untergang der Sonne jeweilig bedingte Wechsel von Tag und Nacht ein willkommenes Maß für die Zeitrechnung bieten. So ist der Tag zur natürlichen und notwendigen Zeiteinheit geworden.

Aber eine fortgesetzte Zählung nach Tagen hätte im Laufe der Zeit zu so großen und unbequem sich anhäufenden Zahlen geführt, daß die Einteilung in längere Zeitabschnitte von selbst geboten war. Den auf mittleren Breitenzonen der Erde wohnenden Kulturvölkern gab sich in der regelmäßigen Wiederkehr der Jahreszeiten ein willkommener Zeitabschnitt, dessen astronomische Festsetzung als Jahreslänge keine Schwierigkeiten bot, und welcher längere Zeitintervalle zu messen oder entfernt liegende Epochen zu fixieren erlaubte.

Zwischen Tag und Jahr mußte aber, um nicht die einzelnen Tage fortlaufend zu zählen, noch ein dazwischenliegendes Zeitmaß eingeschaltet werden, welches durch die Bewegung und den Phasenwechsel unseres Mondes als Monat in natürlichster Weise gegeben war. Für

1) Vgl. Aus Natur und Geisteswelt, Bd. 69: Wislizenus, Der Kalender. 3. Aufl.

Digitized by Google

den ebenfalls schon in frühester Zeit eingeführten Zeitabschnitt der Woche läßt sich dagegen keine astronomische, sondern wohl nur eine astrologische Erklärung finden, die aus einer bestimmten, dem falschen geozentrischen Systeme entsprechenden und auch noch willkürlichen Anordnung der schon im grauen Altertume bekannten Himmelskörper Sonne, Mond, Mars, Merkur, Jupiter, Venus und Saturn hervorgeht.

Die in gewisser Hinsicht auch mit den Fortschritten der Astronomie zusammenhängende Entwicklung des Kalenderwesens, welche von der roheren Mondrechnung, den mannigfachen Ineinanderschaltungen der Mond- und Sonnenbewegungen und dem bereits 47 v. Chr. eingeführten julianischen, gegenwärtig etwa 13 Tage vom wahren Sonnenjahre abweichenden Kalender sich durchrang, soll erst im vierten Abschnitt in Kürze geschildert werden. Hier sei nur erwähnt, daß durch Einführung des gregorianischen Kalenders am Ende des 16. Jahrhunderts auf Grund von Arbeiten einer Kommission deutscher, italienischer und spanischer Astronomen und mit Zugrundelegung einer Jahreslänge von $365^d\ 5^h\ 49^m\ 12^s$ allen praktischen Bedürfnissen der Zeitrechnung bis in weite Fernen Rechnung getragen ist. Da nämlich das wirkliche, sogenannte tropische Jahr, wie es unseren heutigen astronomischen Kenntnissen entspricht, etwa 26 Sekunden kürzer als das gregorianische ist, wächst der Fehler jenes Kalenders erst in ungefähr 3000 Jahren bis zu einem ganzen Tage an.

Faßt man nunmehr die vorangehenden sowohl auf die ideale als vor allem auch auf die praktische Bedeutung der Astronomie gerichteten Betrachtungen zusammen, so darf man ohne Übertreibung behaupten, daß die Himmelskunde mit zu den wichtigsten Gebieten im Schatze menschlichen Wissens und Könnens gerechnet werden kann. Ja, man darf getrost sagen, daß jene erhabene Wissenschaft des Weltalls, die in überaus reizvoller Weise die „Exaktheit der Naturwissenschaft" verbindet mit dem „Idealismus der Weltabgeschlossenheit", sogar den Bedürfnissen des Welthandelsverkehrs äußerst förderlich ist, indem die Astronomie durch Sicherung der Schiffahrt und Regelung des Zeitdienstes auch den schnellen und ungehinderten Austausch der Güter über die ganze Erde wirksam befördert.

Diese hohe praktische Bedeutung der Himmelskunde im einzelnen zu erweisen und zugleich das Wesen der verschiedenen hierfür notwendigen Methoden wie Instrumente dem Leser näher zu bringen, soll die Aufgabe der folgenden Abschnitte sein.

Digitized by Google

Zweiter Abschnitt.

„Wer stets denselben Weg in gleicher Richtung hält,
Der kommt in Kürze um die ganze Welt."

Das Wesen und die Methoden der geographischen Ortsbestimmung bei Land-, See- und Luftreisen.

Bei sämtlichen Aufgaben der geographisch-, nautisch- und aeronautisch-astronomischen Ortsbestimmung[1]) kommt es darauf an, aus der beobachteten Stellung bekannter Gestirne an der scheinbaren Himmelskugel die Lage desjenigen Ortes auf der Erdoberfläche zu ermitteln, an welchem jene astronomischen Messungen ausgeführt worden sind.

Zur Bestimmung der relativen Lage der Gestirne an der scheinbaren Himmelskugel benutzt man sphärische Koordinaten oder zusammengehörige Größen, die die Lage irgendeines Punktes an der Kugeloberfläche bestimmen und hierbei auf gewisse Grundebenen, nämlich den Horizont und den Äquator, bezogen werden. Dieselben müssen zunächst erklärt werden.

Eine, die Erdoberfläche im Beobachtungsorte berührende Ebene, welche unter der Annahme einer kugelförmigen Erde senkrecht zum zugehörigen Erdradius steht (Abb. 5), schneidet die Himmelskugel in einem Kreise, dem scheinbaren Horizont des Beobachtungsortes. Dieser scheinbare Hori-

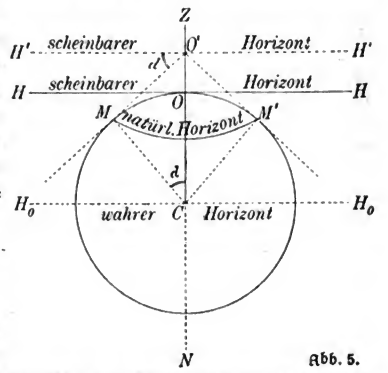


Abb. 5.

(HOH) scheinbarer Horizont des Beobachtungsortes *O*.
H'O'H' scheinbarer Horizont des Beobachtungsortes *O'*.
H_0CH_0 wahrer Horizont.
MM' natürlicher Horizont oder Sehkreis (Kimm) des Beobachtungsortes *O'*.

1) Nähere Einzelheiten über dieses spezielle Gebiet der astronomischen Geographie sind u. a. in dem Handbuche der geographischen Ortsbestimmung für Geographen und Forschungsreisende von A. Marcuse, Braunschweig 1905 (F. Vieweg u. Sohn), zu finden, an welches die obigen allgemeinen Darlegungen und die Abb. 5 bis 9 sich anlehnen.

Digitized by Google

zont (*HOH*) trennt die jeweilig für uns sichtbare von der unsichtbaren Himmelsfläche, und eine ihm parallele, durch den Erdmittelpunkt gelegte Ebene bildet den wahren Horizont (H_0CH_0).

Befindet sich der Beobachter in einem Punkte über der Erdoberfläche, z. B. auf einem hohen Berg oder im Luftballon, so bezeichnet die im erhöhten Standpunkt zum wahren Horizont parallele Ebene wiederum den scheinbaren Horizont. Dagegen stellt der Sehkreis, dessen Halbmesser mit der Höhe des Beobachtungsortes zunimmt, und in welchem das Himmelsgewölbe auf dem Rande der sichtbaren Erdoberfläche scheinbar ruht, den natürlichen Horizont dar, der auf dem Meere nach dem Holländischen auch Kimm genannt wird. Der Winkel, um welchen der natürliche Horizont stets tiefer als der scheinbare liegt, heißt Kimmtiefe oder Depression der Kimm und nimmt mit wachsender Höhe des Beobachtungsortes über der Erdoberfläche zu.

Die vertikale Richtung nach den über und unter der Grundebene des Horizontes liegenden Polen derselben, welche Zenit und Nadir heißen, fällt, abgesehen von gewissen, durch lokale Massenanziehungen (Gebirge usw.) bedingten Abweichungen, zusammen mit der Richtung der Lotlinie am Beobachtungsorte. Alle senkrecht zum Horizont durch Zenit und Nadir gelegten größten Kreise sind Vertikalkreise, von denen an jedem Beobachtungsort zwei für astronomische Orientierungen besondere Bedeutung haben. Erstens der zugleich durch Zenit, Nadir und die Endpunkte der bis zur Himmelskugel verlängerten Erdachse (Nord- und Südpol) gehende Vertikalkreis, der Meridian, welcher den Horizont des Beobachtungsortes im Nord- und Südpunkte schneidet, und zweitens der zum Meridian senkrecht stehende Vertikalkreis, der Erste Vertikal, welcher den Horizont im Ost- und Westpunkte trifft. Alle dem Horizont parallelen Kreise, deren Durchmesser vom Horizont nach dem Zenit oder Nadir hin abnehmen, heißen Horizontalkreise.

Die sphärischen Koordinaten eines Gestirns, bezogen auf den Horizont als Grundebene und das Zenit als oberen Pol derselben, sind Höhe und Azimut. Die Höhe bezeichnet den Bogenabstand des Gestirns vom Horizont, gezählt auf dem durch das Gestirn gelegten Vertikalkreise von 0^0 (Horizont) bis 90^0 (Zenit). Statt der Höhe wird auch, und zwar mit Vorteil, das Komplement derselben, die Zenitdistanz, also der auf demselben Vertikalkreise gezählte Bogenabstand des

Digitized by Google

Sterns vom Zenit benutzt. Das Azimut bezeichnet den auf dem Horizont gezählten Bogenabstand zwischen dem Vertikalkreise des Gestirns und dem Meridian des Beobachtungsortes, oder den Winkel, welchen diese beiden Vertikalkreise am Zenit miteinander bilden (Abb. 6).

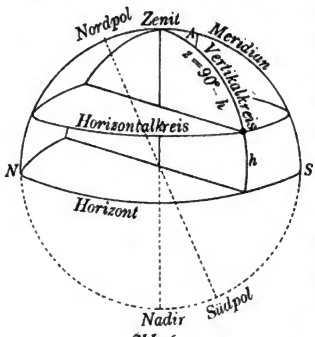


Abb. 6.

In der Astronomie wird das Azimut von 0° bis 360°, stets vom Südpunkte aus über Westen, Norden und Osten gezählt; in der Geodäsie rechnet man das Azimut von Norden über Osten, Süden und Westen auch von 0° bis 360°; in der Nautik endlich zählt man von Norden ab nach Osten oder Westen bis Süden (0° bis 180°) und unterscheidet demnach östliche oder westliche Azimute.

Die Koordinaten Höhe und Azimut sind im allgemeinen von der Lage des Beobachtungsortes auf der Erde und von der Zeit abhängig, weil durch die von West nach Ost vor sich gehende Erdrotation, deren Spiegelbild die scheinbare tägliche Drehung der Himmelssphäre von Ost nach West ist, sowohl Horizont wie Meridian eines Ortes ihre Lage im allgemeinen an der Himmelskugel ändern.[1]) Beim Auf- und beim Untergange eines Sterns ist die Höhe Null und das Azimut ein Maximum; bei dem dazwischenliegenden Durchgange durch den Meridian (Obere Kulmination) wird die Höhe ein Maximum und das Azimut Null.

Deshalb eignet sich gerade das Koordinatensystem des Horizonts, in welchem auch die zugehörigen Instrumente aufgestellt werden, besonders für die Zwecke der geographischen Orientierung, wobei aus Messungen von Zenitdistanzen der Gestirne und aus Abstandsbestimmungen der Himmelskörper vom Meridian Ort und Zeit des Beobachtungspunktes sich ergeben.

Derjenige Kreis der Himmelssphäre, welcher senkrecht zur Erdachse und ihrer Verlängerung am Himmel steht, Erdkugel sowie Himmelssphäre in nördliche und südliche Hemisphäre teilend, ist der Äquator,

1) Nur in dem speziellen Falle, daß der Beobachtungsort am Pol der Erde liegt, also Pol- und Zenitpunkt zusammenfallen, wird die Höhe unabhängig von der Tageszeit und das Azimut ganz unbestimmt.

Digitized by Google

dessen Pole entsprechend dem Nord- und Südpole der Erde **Weltpole** genannt werden. Alle dem Äquator parallelen Kreise, deren Durchmesser nach den Polen hin abnehmen, heißen **Parallelkreise**, während die dazu senkrechten, durch beide Weltpole gehenden größten Kreise **Stundenkreise** genannt werden. Der die Weltpole sowie zugleich Zenit und Nadir verbindende **Meridian** ist daher auch ein Stundenkreis, so daß diese, für die Orientierung so wichtige Ebene sowohl dem horizontalen wie dem äquatorialen Koordinatensystem als Vertikal- und Stundenkreis zugleich angehört. Im übrigen entsprechen den Horizontalkreisen im System des Horizonts die Parallelkreise in dem des Äquators und ebenso den Vertikalkreisen die Stundenkreise (Abb. 7).

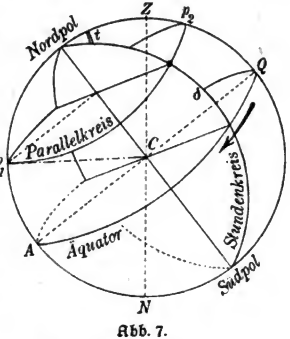


Abb. 7.

Die sphärischen Koordinaten eines Gestirns bezogen auf den Äquator als Grundebene und den einen Weltpol als oberen Pol sind zunächst **Deklination** oder **Abweichung** und **Stundenwinkel**. Die Deklination eines Sterns bezeichnet seinen Abstand vom Äquator, gezählt auf dem durch den Stern gelegten Stundenkreise von 0^0 (Äquator) bis $\pm 90^0$ (Pol), je nachdem der Himmelskörper auf der nördlichen oder südlichen Hemisphäre sich befindet. Der Stundenwinkel eines Sterns ist der Bogenabstand des durch den Strom gelegten Stundenkreises vom Meridian des Beobachtungsortes, gezählt auf dem Äquator vom Südpunkte (dem Schnittpunkte von Äquator und Meridian über dem Horizont) durch Westen, Norden, Osten von 0^0 bis 360^0 oder von 0^h bis 24^h in Richtung der scheinbaren täglichen Drehung der Himmelskugel. Der Stundenwinkel kann auch als der am Pol des Äquators gebildete Winkel zwischen dem Meridian des Ortes und dem Stundenkreise des Sterns bezeichnet werden, indem ein beliebiger Punkt des Äquators infolge der Erdrotation den ganzen Umkreis von 360^0 in 24^h durchläuft. Dementsprechend ist 1^h (Stunde) $= 15^0$ (Grad), 1^m (Zeitminute) $= 15'$ (Bogenminuten), 1^s (Zeitsekunde) $= 15''$ (Bogensekunden) und umgekehrt $1^0 = 4^m$, $1' = 4^s$, $1'' = 0^s.07$. Für diese auch rechnerisch nicht schwierige

Digitized by Google

Verwandlung von Zeit- in Bogenmaß und umgekehrt sind Hilfstafeln vorhanden.

Von den Koordinaten im System des Äquators ist die Deklination ganz unabhängig von der Lage des Beobachtungsortes und von der täglichen Bewegung, da die Sterne infolge der Erdrotation sich in Parallelkreisen mit ungeändertem Abstande vom Äquator bewegen.[1]) Der Stundenwinkel dagegen hängt noch von der Zeit des Beobachtungsortes oder von der Lage des Meridians an der Himmelskugel ab. Er wird, ebenso wie früher das Azimut, Null bei der Kulmination des Gestirns und erreicht seine Maximalwerte beim Auf- und Untergange. Dagegen wird der Stundenwinkel nicht beeinflußt durch die geographische Breite des Beobachtungsortes, da ein bestimmter Stern für alle Beobachter auf demselben Meridian, wenn auch die Abstände derselben vom Äquator wechseln, den gleichen Stundenwinkel hat.

Die zweite Koordinate oder der Stundenwinkel im System des Äquators läßt sich aber auch von der Beobachtungszeit unabhängig machen, wenn als Anfangspunkt der Zählung nicht der mit der Erdrotation veränderliche Schnittpunkt zwischen Meridian- und Äquatorebene, sondern einer der beiden Äquatorpunkte gewählt wird, in welchen die Ekliptik oder die scheinbare jährliche Sonnenbahn (in Wirklichkeit die Bahn der Erde um die Sonne) jene Grundebene unter etwa 23°, 5 Neigung (Schiefe der Ekliptik) schneidet. Von diesen sogenannten Äquinoktialpunkten, deren tägliche Lagenänderungen wegen ihrer Gleichförmigkeit unmerklich sind, wird der mit ♈ bezeichnete Frühlingspunkt, wo die Sonne von der südlichen zur nördlichen Hemisphäre übergeht, als Nullpunkt zur Koordinatenzählung gewählt (Abb. 8). Der Bogen auf dem Äquator zwischen diesem Frühlingspunkte und dem Stundenkreise des Sterns ist die Rektaszension oder gerade Aufsteigung des Gestirns, welche an Stelle des Stundenwinkels tritt. Diese Rektaszension, auch der sphärische Winkel am Pol zwischen den durch Stern und Frühlingspunkt gelegten Stundenkreisen, ist nun ebenso wie die Deklination unabhängig von Ort und Zeit des Beobachters. Daher eignen sich diese von der Ortslage auf der Erde nicht abhängigen Koordinaten, Deklination und Rektaszen-

1) Nur Himmelskörper mit eigener Bewegung wie z. B. Sonne, Mond und Planeten ändern ihre Deklinationen merklich auch innerhalb einer Erdumdrehung. Von den kleinen Deklinationsänderungen der Fixsterne sei hier abgesehen.

Digitized by Google

sion, im System des Äquators besonders zur Angabe der Gestirnörter; dementsprechend sind auch die den Beobachtungen und Rechnungen zugrunde liegenden Sternverzeichnisse und astronomisch-nautischen Jahrbücher angeordnet. Die Instrumente zur geographischen Ortsbestimmung sind dagegen zweckmäßig im horizontalen Koordinatensystem aufgestellt; an ihnen werden Höhen und Azimute der Gestirne gemessen und dabei Stundenwinkel mit Zuhilfenahme von Uhren für die Gestirnsbeobachtungen berechnet.

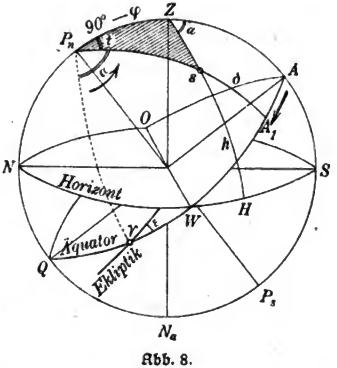


Abb. 8.

Die Rektaszension, welche entgegengesetzt der täglichen Bewegung, also von Westen nach Osten von 0^h bis 24^h gezählt wird, und der vorher definierte, in Richtung der täglichen Drehung gezählte Stundenwinkel stehen durch den Stundenwinkel des Frühlingspunktes (γ), welcher Sternzeit des Beobachtungsortes genannt wird, in einfacher Beziehung zueinander. Wie unmittelbar aus Abb. 8 folgt, ist

Rektaszension plus Stundenwinkel gleich Sternzeit

und

Stundenwinkel (t) gleich Sternzeit weniger Rektaszension.

Wird also $t = 0$, oder befindet sich das Gestirn im Meridian (obere Kulmination), so ist die Sternzeit des Ortes gleich der Rektaszension des Sterns.

Der Zählung nach Sternzeit liegt der Sterntag zugrunde, oder das Zeitintervall zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen des Frühlingspunktes γ durch denselben Meridian am Himmel, bedingt durch die Rotation der Erde. Die Umdrehungsdauer unseres Planeten in $24^h\,0^m\,0^s$ Sternzeit ist für alle praktischen Zwecke als unveränderlich anzusehen. Theoretisch allerdings läßt sich nachweisen, daß u. a. Reibungen der entgegengesetzt der Erdrotation fortschreitenden Flutwellen, ferner Kontraktionen der Erdrinde durch Abkühlung unseres Planeten, endlich Niederschläge kosmischer Massen aus Meteorfällen die Konstanz der Tageslänge beeinflussen können, aber praktische Nachweise dieser Art existieren nicht. Eine solche Umdrehung

Digitized by Google

der Erde vollzieht sich aber nicht in einem zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen der Sonne durch denselben Meridian liegenden veränderlichen Sonnentage, sondern wird ausschließlich durch die Wiederkehr der Lage desselben Erdhalbmessers im Raume unter den Fixsternen bestimmt.

Es wäre deshalb aus allen diesen Gründen am einfachsten, die gesamte Zeiteinteilung nach Sternzeit zu regulieren. Dies geschieht auch fast durchgängig in der astronomischen Wissenschaft, aber im praktischen Leben zwingt das licht- und wärmespendende Tagesgestirn, die Zeit nach dem Stande der Sonne zu regulieren. Aus der scheinbaren Bewegung der Sonne am Firmament folgt die wahre Zeit, und ein wahrer Sonnentag ist das Intervall zwischen zwei aufeinanderfolgenden oberen Kulminationen der Sonne in demselben Meridian; wahre Sonnenzeit wird daher ausgedrückt durch den jeweiligen Stundenwinkel der Sonne. Da nun infolge der jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne von West nach Ost letztere scheinbar ihre in demselben Sinne gezählte Rektaszension täglich um $\frac{360^0}{365^d.25} = 0^0.99..$ vergrößert, muß ein Sonnentag um den entsprechenden Betrag von $3^m 56^s.5$, die sogenannte Akzeleration der Fixsterne, größer sein als ein Sterntag. Aber die einzelnen wahren Sonnentage haben auch nicht gleiche Längen, weil die scheinbare Sonnenbewegung im nördlichen Winter (Sonnennähe der Erde) schneller vor sich geht als im Sommer (Sonnenferne), und ferner weil die Rotationsachse der Erde nicht senkrecht, sondern um etwa $67^0.5$ geneigt gegen die Ebene der elliptischen Erdbahn (Ekliptik) steht. Da die Verwendung der verschieden langen wahren Sonnentage für die Zeiteinteilung höchst unbequem sein würde, hat man eine fingierte mittlere Sonne eingeführt und angenommen, daß diese sich in der Äquatorebene mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegt. Zwei aufeinanderfolgende gleichartige Kulminationen oder Meridiandurchgänge der mittleren Sonne schließen einen mittleren Sonnentag ein, welcher, in 24 Stunden mittlere Zeit eingeteilt, stets gleiche Länge hat.

Der Unterschied mittlere Zeit minus wahre Zeit heißt Zeitgleichung und findet sich in den astronomischen und nautischen Jahrbüchern von Tag zu Tag tabuliert vor. Viermal im Jahre wird diese Zeitgleichung Null, und zwar gegenwärtig am 16. April, 15. Juni, 2. September und 25. Dezember; außerdem erreicht sie vier Maxima,

Digitized by Google

zwei positive, gegenwärtig 12. Februar ($+14^m24^s$), 26. Juli ($+6^m20^s$), und zwei negative, jetzt 15. Mai (-3^m49^s), 3. November (-16^m21^s).

Bei den astronomisch-geographischen Orientierungen hat man es also mit drei verschiedenen Zeitarten zu tun, welche als mittlere Zeit, wahre Zeit und Sternzeit soeben definiert worden sind. Die Uhren im bürgerlichen Leben und die meisten Chronometer gehen nach mittlerer Zeit; wahre Zeit gibt nur die schattenwerfende Sonnenuhr an, und nach Sternzeit sind zumeist die auf Sternwarten zu den Beobachtungen verwendeten Uhren reguliert. Benutzt man zur geographischen Orientierung Sonnenmessungen, so erhält man vom Himmel wahre Zeit, während die Uhr gewöhnlich mittlere Zeit angibt; werden Fixsterne beobachtet, so liegt der Messung Sternzeit zugrunde, während an der Beobachtungsuhr oft auch mittlere Zeit abgelesen wird. Man muß daher einmal wahre Zeit in mittlere und umgekehrt, ferner Sternzeit in mittlere und umgekehrt verwandeln können.

Durch Benutzung der schon erwähnten, in allen astronomischen und nautischen Jahrbüchern tabulierten Zeitgleichung (mittlere Zeit minus wahre Zeit) findet man den Betrag, um welchen die wahre Sonne früher oder später als die mittlere durch den Ortsmeridian geht.

Für die Verwandlung von Sternzeit in mittlere und umgekehrt sind gleichfalls in den astronomischen wie nautischen Jahrbüchern besondere Hilfstafeln vorhanden, welche unmittelbar jedoch nur die entsprechenden Zeitintervalle ergeben. Um die Zeitangaben selbst zu verwandeln, muß man noch den Nullpunkt der Zählung nach Sternzeit kennen oder die sogenannte Sternzeit im mittleren Mittage, welche, wie schon erwähnt, von Tag zu Tag um $3^m56^s.5$ wächst. Diese Größe ist ebenfalls in den Jahrbüchern unter der Rubrik: St. Zt. im M. Mtg. oder gerade Aufsteigung der mittleren Sonne im mittleren Mittag tabuliert. Ihre Herleitung beruht darauf, daß der astronomisch von Mittag zu Mittag (0^h bis 24^h) gerechnete Sterntag mit der Kulmination des Frühlingspunktes also für $\gamma = 0^h$ beginnt, welche einmal im Jahre, zur Zeit des Frühlingsäquinoktiums (jetzt am 23. März), mit der Kulmination der Sonne zusammenfällt.

In ähnlicher Weise wie an der Himmelskugel geschieht auch auf der zunächst kugelförmig angenommenen Erde die Orientierung eines Punktes nach sphärischen Koordinaten, indem das Gradnetz des äquatorialen Systems von der Himmelssphäre auf die Erdkugel übertragen

Digitized by Google

wird. Denkt man sich durch einen Punkt der Erdoberfläche den zugleich durch die Erdpole gehenden Meridian und durch den Erdmittelpunkt senkrecht zur Erdachse die Ebene des Äquators gelegt, so entsprechen die geographischen Koordinaten des Punktes der Erdoberfläche **Breite** (φ) und Länge (λ) denjenigen eines Gestirns im äquatorialen System (Deklination und Rektaszension).

Die geographische Breite φ eines Ortes O (Abb. 9) ist der sphärische Abstand desselben vom Äquator, gemessen auf dem zugehörigen Meridianbogen von 0° (Äquator) bis $\pm$ 90° (Nord- und Südpol); man unterscheidet demnach nördliche (+) und südliche (—) Breiten, die auch als Winkel am Erdmittelpunkte zwischen dem Äquatorhalbmesser und dem zum Orte gehörigen Erdradius definiert werden können.

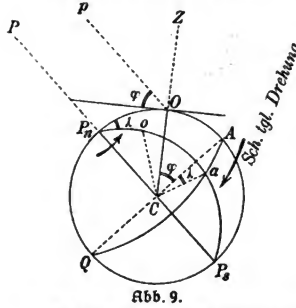


Abb. 9.

Die geographische Länge (λ) eines Ortes O ist der am Pol gebildete Winkel zwischen seinem Meridian POA und einem Null- oder Anfangsmeridian Poa, dessen Abstand vom Ortsmeridian zunächst im Gradmaß des zwischen beiden Meridianen liegenden Äquatorbogens ausgedrückt wird. Da zur Zählung der Meridiane im Gradnetz der Erde kein Anfangskreis gegeben ist, wie ihn der größte Kreis des Äquators unter den nach den Polen abnehmenden Breitenkreisen darstellt, ist die an sich völlig willkürliche Wahl des **Nullmeridians** in neuerer Zeit durch ein internationales Abkommen zwischen fast allen Kulturstaaten geregelt worden. Einschließlich der französischen Karten werden jetzt beinahe sämtliche geographischen und nautischen Orientierungen in Länge auf den Anfangsmeridian von Greenwich bei London bezogen, der durch die Richtung des Mittagsfernrohrs jenes ältesten Meridianinstruments der E de definiert ist.

Der Nullmeridian ebenso wie jeder Ortsmeridian umfaßt nur die mit dem zugehörigen Ort auf derselben Seite der Erdachse liegende Hälfte des größten Kreises, während die andere, um 180° abstehende Hälfte der **Gegenmeridian** heißt. Am zweckmäßigsten werden die geographischen Längen, ebenso wie in der Astronomie die Rektaszensionen, von Westen nach Osten, also entgegengesetzt der scheinbaren täglichen Bewegung von 0° bis 360° im Bogenmaß oder entsprechend

Digitized by Google

von 0^h bis 24^h in Zeitmaß gezählt. In der Praxis wird jedoch meistens so verfahren, daß man die Längen vom Nullmeridian nach Westen und Osten von 0^0 bis 180^0 oder entsprechend von 0^h bis 12^h rechnet, also zwischen westlichen (+) und östlichen (—) geographischen Längen unterscheidet.

Da die Rechnung nach Greenwicher Längen noch nicht ganz allgemein geworden ist und außerdem den astronomischen Tafeln der Jahrbücher noch verschiedene Anfangsmeridiane zugrunde liegen, mögen die gebräuchlichsten Nullmeridiane mit ihren Längenunterschieden gegen Greenwich behufs etwaiger Umrechnung hier erwähnt werden.

Berlin:	$\lambda = -13^0\,23'\,44'' = 0^h\,53^m\,35^s$		östl. Gr.
Insel Ferro:	$\lambda = +17\;39\;51 = 1\;10\;39$		westl. Gr.
Paris:	$\lambda = -\;2\;20\;9 = 0\;9\;21$		östl. Gr.
Washington:	$\lambda = +77\;3\;2 = 5\;8\;15$		westl. Gr.

Denkt man sich die soeben definierten geographischen Koordinaten φ, λ an die scheinbare Himmelskugel projiziert, so würde zunächst die geographische Breite eines Ortes als der Abstand zwischen zugehöriger Zenitrichtung und Äquatorebene, d. h. als Deklination des Zenits dargestellt werden. Oder, wenn statt der Zenitrichtung die dazu senkrechte Horizontlinie, an Stelle des Äquators die darauf normale Polrichtung im Beobachtungsorte eingeführt werden, so läßt sich die geographische Breite eines Ortes auch als Höhe des Pols über dem betreffenden Horizont, d. h. kurz als Polhöhe definieren (s. Abb. 9).

Nimmt man z. B. genau am Nordpol des Himmels, also in der nördlichen Verlängerung der Erdachse (s. Abb. 9 in Richtung CP) einen hellen Stern an (unser nördlicher Polarstern α Ursae minoris hat gegenwärtig etwa $1^0.1$ Polarabstand), so würde derselbe für einen Beobachter am irdischen Nordpol ($\varphi = 90^0$) im Zenit ($h = 90^0$, $z = 0^0$) und für einen Beobachter am Erdäquator ($\varphi = 0^0$) am Horizont ($h = 0^0$, $z = 90^0$) stehen. Im ersteren Falle liegt der Himmelsäquator im Horizont, im zweiten im ersten Vertikal des betreffenden Beobachtungsortes; Abb. 10 und 11 veranschaulichen diese beiden Grenzfälle (parallele und gerade Sphäre) mit Bezug auf die scheinbare tägliche Bewegung der Gestirne.

Für einen Beobachter am Pol (parallele Sphäre) sind alle sichtbaren Sterne Zirkumpolarsterne ohne Höhenänderung, die sich in Horizontalkreisen mit unbestimmbaren Azimuten bewegen, da am

Digitized by Google

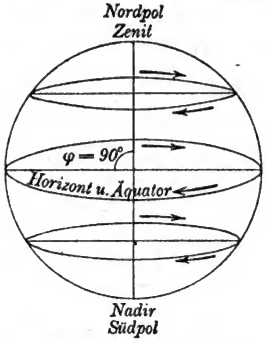


Abb. 10. Parallele Sphäre (Beobachter am Pol).

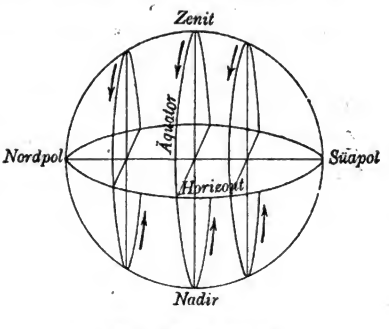


Abb. 11. Gerade Sphäre (Beobachter am Äquator).

Pol jede azimutale Orientierung aufhört. Für einen Beobachter am Äquator (gerade Sphäre) bewegen sich die Gestirne infolge der Erdrotation in Höhenkreisen mit gleichem Tag- und Nachtbogen, bei welchen die Höhen stark, die Azimute aber geringe Änderungen erfahren.

Zwischen diesen beiden Grenzfällen (parallele und gerade Sphäre) liegt die bereits durch die frühere Abb. 7 (S. 27) gekennzeichnete schiefe Sphäre, bei welcher für beliebige Breiten zwischen 0° und 90° der Horizont des Beobachtungsortes die Deklinationskreise der Sterne schiefwinklig schneidet. Für dieselbe gilt das aus den obigen Herleitungen folgende Gesetz, daß mit wachsender Breite des Erdortes die Höhenänderungen eines Gestirns kleiner, die Azimutänderungen größer werden und beziehungsweise umgekehrt. Diese charakteristischen, von der tropischen, gemäßigten und polaren Lage des Beobachtungsortes abhängigen Verschiedenheiten im Verhalten der sphärischen Sternkoordinaten im horizontalen System werden stets eine wichtige Rolle spielen, wenn es sich um die Spezialisierung der astronomischen Methoden zur geographischen Ortsbestimmung je nach der Polhöhe des Beobachtungsortes handelt.

Was nun die Projektion der geographischen Länge λ eines Erdortes an die scheinbare Himmelskugel betrifft, so läßt sich λ als Rektaszension des Zenits mit der Deklination φ vom Beobachtungsorte definieren, gezählt von dem durch das Greenwicher Zenit gelegten Anfangsstundenkreise.

Digitized by Google

Es würde also λ für einen beliebigen Beobachtungsort auch dem Zeitunterschiede gleich sein zwischen den oberen Kulminationen ein und desselben Gestirns in Greenwich (Nullmeridian) und an dem betreffenden Orte (Ortsmeridian). Längenunterschiede sind daher identisch mit Differenzen der Ortszeiten, und alle auf demselben Meridian liegenden Orte haben in demselben Augenblick gleiche Ortszeit, Orte, welche auf verschiedenen Meridianen liegen, entsprechend verschiedene Ortszeit.

Die Gestirne, welche infolge der täglichen Bewegung von Osten nach Westen an der Himmelskugel vorrücken, gelangen früher an die Meridiane östlicher als an diejenigen westlicher Orte. Daher haben die östlich von Greenwich gelegenen Orte in demselben Augenblick spätere, die westlich davon befindlichen frühere Ortszeit als jener Nullmeridian.

An dieser Stelle interessiert vorläufig nur die Zeiteinteilung, die mit der in Zeit ausgedrückten Längendifferenz verschiedener Erdorte verbunden ist. Im bürgerlichen Leben rechnet man nach mittleren Sonnentagen, die zur Zeit der unteren Kulmination der Sonne, also um Mitternacht beginnen und in zweimal 12 Stunden geteilt werden. Bei den astronomischen Rechnungen dagegen beginnt der mittlere Sonnentag im Moment der oberen Sonnenkulmination, also um Mittag, und seine Stunden werden ohne Unterbrechung von 0^h (Mittag) bis 24^h (oder 0^h, darauffolgender Mittag) durchgezählt, einmal um bei Nachtbeobachtungen die Datumsänderung zu vermeiden und zweitens um eine nähere Bezeichnung der Stunden (morgens oder abends usw.) zu ersparen. Die Messungen am Himmel zum Zwecke geographischer Orientierungen werden meist abends vor Mitternacht an Mond und Fixsternen, sehr häufig auch am Tage mit der Sonne ausgeführt; es empfiehlt sich daher die folgende Kombination bürgerlicher und astronomischer Zeiteinteilung:

Zur Angabe der Beobachtungen dient das bürgerliche Datum unter genauer Bezeichnung des Wochentages, aber mit näherer Erklärung, ob die Beobachtung zur Vormittags- oder Nachmittagszeit (a. m., ante meridiem oder p. m., post meridiem) angestellt ist.

Bei der Berechnung geographischer Ortsbestimmungen muß im Einklang mit den Angaben der Ephemeriden die astronomische Datierung allein beibehalten werden.

Da Längenunterschiede auf der Erde identisch sind mit Zeitunter-

Digitized by Google

schieden, welche aus der Kulmination z. B. der mittleren Sonne an den verschiedenen Ortsmeridianen resultieren, zeigen die Uhren in demselben Augenblick an Orten westlich vom Nullmeridian frühere, solche an östlich davon gelegenen Orten spätere Zeit als die Greenwicher. Ein westwärts reisender Beobachter müßte also seine Uhr, um stets richtige Ortszeit zu erhalten, für je 15° Längendifferenz um 1^h zurückstellen, ein zweiter ostwärts reisender Beobachter die Uhr entsprechend vorstellen. Kommen die Betreffenden nun bei ihrer Reise um die Erde auf einen um $180° = 12^h$ von Greenwich in Länge abstehenden, also auf dem Gegenmeridian liegenden Ort zusammen, so würden die beiden Uhren um einen vollen Tag differieren. Man bezeichnet daher den mit $180° = 12^h$ Greenwicher Länge zusammenfallenden Meridian, welcher in den Bereich des Stillen Ozeans fällt, als Datumsgrenze, und rechnet zu beiden Seiten derselben mit einem um je einen Tag verschiedenen Datum und Wochentage. Beim Passieren dieser Datumsgrenze (12^h Greenwich) auf der Fahrt nach Westen von Greenwich wird ein Tag übersprungen, also z. B. vom 9. Mai auf den 11. Mai übergegangen, bei der Fahrt in östlicher Richtung dagegen zählt man den Tag der Grenzüberschreitung doppelt, d. h. auf den 10. Mai folgt nochmals der 10. und dann erst der 11. Mai.

Der eben erörterte Wechsel der Ortszeiten auf den verschiedenen Meridianen der Erde bringt naturgemäß große Unbequemlichkeiten in der Zeitrechnung mit sich, die mit zunehmender Geschwindigkeit der Eisenbahn- und Schiffsverbindungen erheblich sich gesteigert haben. Es lag daher der Gedanke nahe, eine Einheitszeit für große Ländergebiete, ja womöglich eine Weltzeit für die ganze Erde einzuführen. Für wissenschaftliche Zwecke wäre die Einführung einer gleichen Zeit bei allen Völkern der Erde, z. B. der Weltzeit Greenwich, recht brauchbar. In der Tat wird dieselbe auch bei Schiffsrechnungen und nautischen Beobachtungen fast durchgehends, bei Messungen geographischer Längen auf Forschungsreisen sehr häufig verwendet, indem Chronometer nach Greenwicher mittlerer Zeit mitgenommen werden. Einer allgemeinen Einführung der Weltzeit im praktischen Leben stehen aber gewichtige Bedenken entgegen, da für viele Erdorte die Unterschiede zwischen Greenwicher Zeit und den faktischen Tagesmomenten allzu groß ausfallen würden.

Man hat deshalb an Stelle der Weltzeit sogenannte Normalzeiten

Digitized by Google

nach dem zuerst in Nordamerika in großem Maßstabe ausgebildeten System der Stundenzonen in Europa, den Vereinigten Staaten und in Japan eingeführt, welches folgendermaßen geregelt ist. Ausgehend von dem Greenwicher Meridian als Grundlage werden 24, um je $15^0 = 1^h$ in Länge voneinander abstehende Normalmeridiane gewählt, nach denen die Stundenzeit aller Erdorte zonenweise sich so regelt, daß der betreffende Normalmeridian in der Mitte einer zugehörigen Zone liegt. Von dieser mathematischen Einteilung wird nur dann faktisch etwas nach Ost und West abgewichen, wenn die Landesgrenzen einen genau meridionalen Verlauf der Stundenzonen nicht gestatten.

Die Vorteile dieses, seit etwa 20 Jahren allgemein bestehenden Stundenzonensystems beruhen auf einer Einheitlichkeit der Zeit für größere Ländergebiete und auf dem nur nach Stunden, nicht mehr nach Minuten und Sekunden gezählten Zeitunterschiede aller Erdorte. Demgegenüber sind die Nachteile, daß z. B. in Deutschland die nach dem 1^h östlich von Greenwich oder 6^m25^s östlich von Berlin (S. 33 Längendifferenz Greenwich—Berlin) gelegenen und durch Stargard, Görlitz gehenden Normalmeridian gezählte Mitteleuropäische Zeit (M. E. Z.) gegen Ortszeit an der Ostgrenze um 31^m und an der Westgrenze sogar um 36^m (Zeitminuten) abweicht, ziemlich unerheblich.

Die gesamte Zeiteinteilung in den europäischen Ländern gestaltet sich jetzt, entsprechend dem System der Stundenzonen, folgendermaßen:

1. Westeuropäische Zeit (W. E. Z.) nach dem Normalmeridian Greenwich in: Großbritannien, Belgien, Spanien, Portugal und Frankreich.

2. Mitteleuropäische Zeit (M. E. Z.) nach dem Normalmeridian 1^h östl. Greenwich in: Deutschland, Österreich-Ungarn, Italien, Schweiz, Luxemburg, Dänemark, Schweden, Norwegen, Bosnien, Serbien und West-Türkei.

3. Osteuropäische Zeit (O. E. Z.) nach dem Normalmeridian 2^h östl. Greenwich in: Bulgarien, Rumänien und Ost-Türkei.

4. Einheitliche Landeszeit nach den Meridianen der Hauptstädte (Petersburg, Amsterdam und Athen) besteht in: Rußland, Niederlande und Griechenland.

In neuerer Zeit hat man mit Vorteil zur besseren Ausnutzung des Tageslichts und im Sinne einer damit zusammenhängenden Erspar-

Digitized by Google

nis an künstlicher Beleuchtung die sogenannte „Neue Sommerzeit", von Mitte April bis Mitte September gültig, eingeführt. Zu diesem Zweck werden die bürgerlichen Uhren Mitte April um eine Stunde vorgestellt und erst Mitte September wieder um eine Stunde zurückgestellt. In diesem Zeitraum des Jahres muß man daher bei allen nach mittlerer Uhrzeit angestellten Himmelsbeobachtungen zunächst eine Stunde von der Uhrangabe abziehen, um die mitteleuropäische Zeit der Beobachtung zu erhalten.

Figur der Erde.

Bei Ableitung der Koordinaten (Breite und Länge) für die Erdorte, welche als Deklinationen und Rektaszensionen der zugehörigen Scheitelpunkte definiert werden konnten, ist die Erdgestalt als kugelförmig vorausgesetzt worden. Bei dieser ersten Annäherung, welche auch für fast alle Aufgaben der geographischen Ortsbestimmung genügt, beträgt der mittlere Erdhalbmesser 6370 km, der mittlere Umfang eines größten Kreises der Erdkugel (z. B. des Äquators oder eines vollen Meridiankreises) 40 000 km (5400 geographische Meilen). Drückt man nach diesen mittleren Zahlen die auf einem Meridianbogen oder im Äquator (also im Bogen des größten Kreises) gemessenen Grade, Minuten und Sekunden in linearem Maße auf der Erdoberfläche aus, so findet sich abgerundet:

$1^0 = 111 . 1$ km (15 geographische Meilen)
$1' = 1850$ m (1 Seemeile)
$1'' = 31$ m.

In Wirklichkeit ist aber die Erde keine Kugel, sondern sehr nahe ein an den Polen abgeplattetes Sphäroid, also ein Körper, der durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Achse entstanden ist. Bei einem solchen Rotationskörper bleiben die dem Äquator parallelen, also senkrecht zur Erdachse gelegten Schnittebenen Kreise, während alle durch die Endpunkte der Erdachse selbst, also senkrecht zu den Breitenkreisen gelegten Schnittfiguren Ellipsen darstellen, deren Krümmung mit wachsender Breite abnimmt. Daher beeinflußt die sphäroidische Gestalt des Erdkörpers nur die Größe des Erdradius und die Definition der geographischen Breiten, aber nicht die Längen. Dies folgt unmittelbar auch aus Abb. 12, welche einen meridionalen Schnitt der Erdfigur darstellt, durch die Polpunkte $P_n P_s$ und die Äquatorpunkte AQ gehend. $CP_n = CP_s$ ist der kleinste, $CQ = CA$ der

Digitized by Google

größte Erdradius; die im Beobachtungsorte O gezogene Tangente HH' gibt den scheinbaren Horizont, die dazu senkrechte Linie ON die Richtung der Erdschwere an, welche bei kugelförmiger Gestalt unseres Planeten durch den Mittelpunkt C gehen würde. Bei der sphäroidischen Erde ist nun die zum geographischen Zenit Z gehörige geographische Breite $\varphi = ONA$ stets größer als die dem geozentrischen Zenit Z' entsprechende geozentrische Breite $\varphi' = OCA$. Nur an den Endpunkten der großen und kleinen Achse des Ellipsoids verschwindet jener Unterschied zwischen geographischer und geozentrischer Breite. Für die Zwecke der geographischen Ortsbestimmung kommt die soeben skizzierte sphäroidische Gestalt des Erdkörpers nur bei

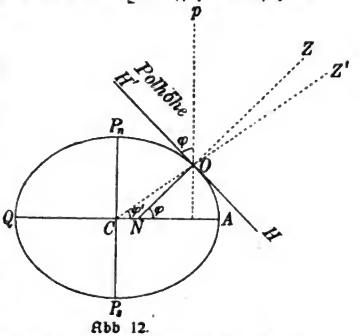


Abb 12.

Beobachtungen des uns relativ sehr nahen Mondes (mittlere Entfernung 380 000 km) in Betracht, wenn es sich darum handelt, die von der Erdoberfläche nach dem Monde ausgeführten Richtungsmessungen auf das Erdzentrum zu reduzieren. Liegen den geographischen Orientierungen Richtungsbestimmungen nach der Sonne oder gelegentlich nach den großen Planeten Venus, Mars, Jupiter und Saturn zugrunde, so kann die Erde stets als kugelförmig angenommen werden. Sind endlich die Richtungsmessungen an Fixsternen angestellt worden, so darf unser Planet, dessen mittlerer Radius (6370 km) im Verhältnis zur nächsten Fixsternentfernung (α Centauri, 40 Billionen km) verschwindend klein ist, sogar als Punkt betrachtet werden.

Schließlich sei der Vollständigkeit halber an dieser Stelle noch erwähnt, daß die wahre Gestalt der Erde, das sogenannte Geoid, auch von der einfachen, mathematisch definierbaren Form eines Rotationsellipsoids abweicht, da letzteres überhaupt nur für einen allseitig mit tiefen Ozeanen bedeckten Planeten von völlig homogener Masse gelten kann. Auf dem wirklichen Erdkörper wird die das Zenit eines Ortes ergebende Lotrichtung, welche durch die Schwere oder durch die dazu senkrechte, mittels Nivellierung erhaltene Horizontale sich bestimmt, im allgemeinen nicht genau mit der zum Ellipsoid im Beobachtungspunkte normalen Richtung zusammenfallen.

Digitized by Google

In der Tat haben genaue geodätische Messungen gezeigt, daß fast überall infolge unregelmäßiger Figur und Dichte der Erde Lotabweichungen in nord-südlicher wie in ostwestlicher Richtung auftreten, die von Bruchteilen der Bogensekunde bis zu etwas über ein und eine halbe Bogenminute gehen können. So beträgt z. B. die Lotablenkung für die Station Wladikawkas durch das Kaukasusgebirge etwa 36″, und in der Tiefebene bei Moskau ist eine durch unterirdische Massendefekte hervorgerufene Lotabweichung von ungefähr 10″ beobachtet worden. Auf Hawaii endlich, wo der Riesenvulkan Mauna Loa bis zur Höhe von 8000 m über dem Meeresboden sich erhebt, kommt die bisher größte Lotstörung auf der Erde von 97″ vor.

Solche, in meridionaler Richtung und im Sinne der Parallelkreise auftretende Lotablenkungen bewirken, daß die astronomisch bestimmten Breiten- und Längenunterschiede der Erdorte nicht genau mit den entsprechenden geodätischen, auf trigonometrischem Wege ermittelten Entfernungen übereinstimmen. Streng genommen muß man daher außer den früher definierten geographischen Breiten und Längen noch sogenannte geodätische Breiten und Längen in Betracht ziehen, welche sich auf Deklination und Rektaszension des wahren geodätischen Zenits, gegeben durch die Verlängerung der im Beobachtungspunkte zum Rotationsellipsoid Normalen bis zur Himmelssphäre, beziehen.

Für die astronomischen Zwecke der geographischen Ortsbestimmung, die allein hier in Betracht kommen, genügt es jedoch, wenn φ und λ auf die Lage des zum Beobachtungsorte gehörigen astronomisch-geographischen Zenits an der Himmelskugel bezogen werden.

Methoden der Ortsbestimmung.

Nachdem somit das Wesen der Orientierung für Gestirne an der Himmelskugel und für Beobachtungsorte auf der Erdkugel erörtert worden ist, sollen nunmehr die Methoden der geographischen Ortsbestimmung selbst kurz besprochen werden, soweit dieselben für die vorliegenden, allgemeinverständlichen Erörterungen von Bedeutung sind.

Die Aufgaben der gesamten geographischen Ortsbestimmung (am Lande, auf See und in der Luft) zerfallen in Ermittlungen der geographischen Breite oder Polhöhe und der geographischen Länge eines Beobachtungsortes, ferner in gelegentliche Azimutbestim-

Digitized by Google

mungen eines entfernten Punktes gegen die Meridian- oder Nord-südrichtung, besonders zum Eintragen in die Karte, und endlich in die Ermittlung der für diese drei Aufgaben im allgemeinen unentbehrlichen Ortszeit.

Absichtlich wurde der Ausdruck „im allgemeinen" gebraucht, denn es gibt z. B. zur Ermittlung der Breite auf Expeditionen einige Methoden, welche die Kenntnis der Zeit entweder gar nicht oder nur genähert voraussetzen. Im ersteren Fall, wenn also die Uhr ganz versagt, hat man außer drei Höheneinstellungen eines Sterns vor und nach seiner Kulmination noch die zugehörigen Azimutablesungen am Horizontalkreise des Universals auszuführen, die bei der Auswertung an Stelle der Uhrzeiten treten. Im zweiten Fall, wenn zwar eine gutgehende Uhr zur Verfügung steht, ihre Korrektion aber unbekannt ist, werden gleichfalls mindestens drei Höheneinstellungen eines Sterns, um seine Meridianpassage verteilt, notwendig, deren Differenzen mit denen der zugehörigen Uhrzeiten in Verbindung gebracht, alsdann rechnerisch zur Ableitung der Breite verwertet werden. Doch das sind Ausnahmefälle; im allgemeinen hat man es bei den Aufgaben der vollständigen astronomischen Orientierung mit Ermittlung der Zeit, der Breite, des Azimuts und der Länge zu tun, wozu bestimmte Instrumente zur Ausführung von Winkel- und Zeitmessungen sowie besondere Methoden zur Beobachtung und zur Berechnung jener Messungen gehören.

Wir beginnen mit einer kurzen Besprechung der Methoden zur Ortsbestimmung, soweit dieselben sich in allgemeinverständlicher Weise darstellen lassen, und werden im nächsten Abschnitt die Instrumente zur Ortsbestimmung besonders behandeln.

Mannigfaltig sind die Methoden zur Lösung der geographischen Orientierungsaufgaben, Zeit, Breite, Azimut und Länge aus Höhenmessungen oder Durchgangsbeobachtungen von Gestirnen zu bestimmen. Dieselben beziehen sich auf Beobachtungen in verschiedenen Vertikalebenen, sämtlich im Koordinatensystem des Horizonts, und die meisten dieser Methoden liegen, besonders zum Zwecke einer genäherten Ortsbestimmung, schon seit Jahrhunderten als Hauptaufgaben der sphärischen Astronomie wissenschaftlich durchgearbeitet vor. Dennoch kann man von einer stetigen Entwicklung der Methoden zur geographischen, nautischen und aeronautischen Orientierung bis in die neueste Zeit hinein sprechen. Einmal haben die Instrumentenfor-

Digitized by Google

men, wie wir sehen werden, Verbesserungen erfahren, die Beobachtungskunst ist erweitert und vertieft worden, neben den visuellen sind wichtige photographische Methoden in Anwendung gekommen, und die Rechnungen sind durch Benutzung graphischer Konstruktionen (Nomogramme) und geeigneter Tafeln einfacher und zugleich sicherer gestaltet worden.

Ferner sind die Methoden der geographischen, nautischen und aeronautischen Ortsbestimmung allmählich mehr und mehr spezialisiert worden, nicht nur in bezug auf die verlangte und in der Natur der Aufgabe liegende Genauigkeitsstufe, sondern vor allen Dingen auch mit Rücksicht auf die geographische Lage des zu bestimmenden Beobachtungsortes, nämlich ob derselbe in mittleren Breiten, in den Tropen oder in polaren Regionen sich befindet. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß eine zweckmäßige Lösung von Orientierungsaufgaben auf der Erde mittels Gestirnsbeobachtungen im System des Horizonts im allgemeinen verschieden anzufassen sein wird, je nachdem die zur Messung dienenden Sterne ihre scheinbaren täglichen Bahnen in Vertikalkreisen, senkrecht zum Horizont (äquatoriale Gegenden), in Horizontalkreisen, parallel dem Horizont (polare Regionen), oder, wie in mittleren Breiten, in schrägliegenden Kreisen durchlaufen.

Wir beginnen mit den Methoden zur Bestimmung der Ortszeit, und zwar zunächst mit den visuellen. Dieselben zerfallen in zwei Hauptklassen, einmal Höhenmessungen von Gestirnen in der Nähe bestimmter Vertikalebenen und zweitens Durchgangsbeobachtungen von Sternen durch gewisse Vertikalebenen. Dementsprechend werden im ganzen sechs mehr oder weniger verschiedene Methoden zur Anwendung kommen können:

1. Messungen von Höhen der Sterne in der Nähe des ersten Vertikals,
2. Messungen korrespondierender Höhen desselben Gestirns vor und nach der Kulmination,
3. Messungen von korrespondierenden Höhen verschiedener Sterne,
4. Durchgangsbeobachtungen im Vertikal des Polarsterns,
5. Durchgangsbeobachtungen des Polarsterns und eines Zeitsterns durch beliebige Vertikalebenen in der Nähe des Meridians,

endlich

6. Durchgangsbeobachtungen von Sternen im Meridian.

Ohne hier auf das Wesen dieser einzelnen Methoden näher einzugehen, sollen dieselben doch je nach ihrer Anwendungsfähigkeit indivi-

Digitized by Google

dualisiert werden. Vom astronomischen Standpunkte aus muß die Zeitbestimmung aus Sterndurchgängen im Meridian am Passagen- und Meridianinstrument für die beste und genaueste gelten, die mit Vorteil allerdings nur auf Sternwarten oder festen Stationen, nicht auf Reisen verwendet wird. Im Abendmittel aus den Resultaten einer solchen vollständigen Zeitbestimmung, bestehend aus Durchgangsbeobachtungen eines Polsterns, von zwei Zenitsternen und vier Äquatorsternen in beiden Kreislagen des Instruments folgt die Uhrkorrektion bis auf wenige hunderttel Zeitsekunden genau.

Für die genäherte Zeitbestimmung auf Landreisen mittels des Universals kommen die Methoden 1., 3., 4. und 5. in Betracht, also Höhenmessungen in der Höhe des ersten Vertikals, korrespondierende Höhen verschiedener Sterne, Durchgänge im Vertikal des Polarsterns und Durchgänge des Polarsterns sowie von Zenitsternen durch beliebige Vertikalebenen. Mit diesen Methoden, von denen 1. und 4. die genauesten sind, kann man an Universalinstrumenten mittlerer Größe die Ortszeit bis auf wenige Zehntel Sekunden genau bestimmen. In mittleren Breiten lassen sie sich sämtlich je nach den instrumentalen und meteorologischen Bedingungen individualisiert anwenden, während zur Zeitbestimmung in äquatorialen Gegenden besonders vorteilhaft die Methode aus Höhenmessungen von Sternen in der Nähe des ersten Vertikals benutzt wird. In polaren Regionen läßt sich mit Vorteil eigentlich nur die vierte Methode aus Durchgangsbeobachtungen im Vertikal des Polarsterns verwenden, wofür auch besondere Hilfstafeln herausgegeben sind. Eine besonders wichtige Erweiterung hat diese interessante und bei lichtstärkeren Instrumenten nicht nur für den nördlichen Polarstern (α Urs. min. zweiter Größe), sondern auch für den der südlichen Halbkugel (σ Octantis, $5^m.5$) geltende Methode durch Prof. Harzer-Kiel erfahren.

Was die Nautik betrifft, so kommen für Zeitbestimmungen auf See mit dem Sextanten eigentlich nur die Methoden 2. und 1., korrespondierende Höhenmessungen desselben Gestirns vor und nach der Kulmination und Höhenmessungen von Sternen in der Nähe des ersten Vertikals in Betracht, je nachdem es sich um Positionsbestimmungen auf mittleren oder niedrigen Breiten handelt. Dies genügt auch vollständig, da in den polaren Regionen eo ipso an Stelle der Schiffs- die Landbeobachtungen treten werden. Dasselbe gilt im großen und ganzen auch für die aeronautische Ortsbestimmung, wobei jedoch zu er-

Digitized by Google

wähnen ist, daß im Luftfahrzeug in der Regel keine Zeit-, sondern nur Breiten- und Längenbestimmungen (letztere mit Benutzung des Stundenwinkels) auszuführen sind. Für die verhältnismäßig kurze Fahrtdauer in Luftfahrzeugen und die für aeronautische Orientierungen ausreichende geringere Genauigkeit kann man stets die richtige Zeit, nach Herleitung der Uhrkorrektion durch Vergleichung mit einer Normaluhr, bei sich führen.

Noch ein Wort über die photographischen Methoden zur Zeitbestimmung. Die Schnauder'sche Zenitkamera zur gleichzeitigen Ermittlung von Zeit und Breite auf Reisen durch Abbildung von Sternen im Zenit wird noch bei Besprechung der neueren Instrumente erwähnt werden, ebenso das nach den Angaben des Verfassers konstruierte photographische Universal. An demselben lassen sich photographische Zeitbestimmungen mit Hilfe besonderer Einrichtungen voraussichtlich nach drei verschiedenen Methoden ausführen, einmal aus Meridiandurchgängen von Sternen, dann aus Durchgängen im Vertikal des Polarsterns und endlich aus Messungen von Höhendifferenzen mit Anwendung der Horrebow-Libelle für Sternpaare in der Nähe des ersten Vertikals, von denen die eine Komponente im Osten, die andere im Westen kurz nacheinander nahezu gleiche Höhen erreichen. Schließlich verdient noch die amerikanische Methode der photographischen Zeitbestimmung von Hagen auf dem bei Washington liegenden Georgetown Observatory Erwähnung, welche mit Hilfe eines ziemlich komplizierten Mechanismus im Gesichtsfelde des Fernrohrs, des sogenannten Photochronographen, nach den Sekundenschlägen der Uhr symmetrische Lichtunterbrechungen bei den photographischen Sterndurchgängen im Meridian benutzt.

Nunmehr sollen die Methoden zur Bestimmung der geographischen Breite kurz mit Rücksicht auf ihre neuere Entwicklung besprochen werden. Es lassen sich im ganzen drei Hauptklassen von Methoden hierfür unterscheiden.

1. Höhenmessungen von Gestirnen in bestimmten Vertikalebenen (gewöhnliche Methode),
2. Messungen der Differenzen von Meridian-Zenitdistanzen einzelner nördlich und südlich vom Zenit kulminierender Sternpaare (Talcottmethode)

und

3. Durchgangsbeobachtungen durch den ersten Vertikal (Uhrmethode).

Digitized by Google

Die dritte rein astronomische Methode, die Breite aus Durchgangsbeobachtungen durch die Ebene des ersten Vertikals zu bestimmen, kann an dieser Stelle, da sie ein besonders stabiles größeres Instrument, vorzügliche Nivellierung der Hauptachse und eine sehr genau gehende Pendeluhr voraussetzt, unberücksichtigt bleiben. Für die geographischen Ortsbestimmungen kommen also nur die gewöhnliche und die Talcottmethode, für die Nautik und Aeronautik nur die erste in Betracht.

Die Messung der Polhöhe, bei welcher es sich im allgemeinen um die Festlegung des Zenits des Beobachtungsortes am Himmel handelt, gehört zu den einfachsten und leichtesten Aufgaben der geographischen Orientierung. Bekanntlich eignen sich Höhenmessungen in der Nähe des Meridians am besten zur Breitenbestimmung, während die Höhenmessungen zur Zeitermittlung am vorteilhaftesten in der Nähe des ersten Vertikals geschehen. Man wird also dicht vor und nach der Kulmination sogenannte Zirkummeridianhöhen von Sternen an einem Universal, auf beide Kreislagen verteilt, messen und zugleich behufs Elimination von Refraktions- und Biegungsfehlern Nord- und Südsterne in etwa gleichen Höhen einstellen. Auf der nördlichen Halbkugel, bis zu einer Breite von $+ 10^0$ herab, wird mit Vorteil der Polarstern (α Ursae minoris) zu allen Nachtzeiten mit geeigneten Südsternen von ungefähr gleicher Höhe kombiniert, wobei einfache, in den astronomischen Jahrbüchern fortlaufend veröffentlichte Hilfstafeln zur Reduktion der Messungen dienen können. In der Nähe des Äquators muß man andere, symmetrisch zum Zenit gelegene Sternhöhen messen, und auf der südlichen Halbkugel, wo bekanntlich kein hellerer Polarstern vorhanden ist, muß man sich mit der Kombination von Zirkumpolarsternen und entsprechenden Nordsternen begnügen. Allerdings könnte an mittelgroßen Universalen auch der schwache südliche Polarstern (σ Octantis, $5^m \cdot 5$) wohl mit Vorteil zu Breitenmessungen verwendet werden. Auf See mißt man Gestirnshöhen in der Nähe des Meridians mit dem Spiegelsextanten und im Luftfahrzeuge entsprechende Gestirnshöhen nahe dem Meridian mit dem Libellenquadranten.

Die Talcottsche Bestimmungsweise der Polhöhe, welche in der Ausmessung von Differenzen nahezu gleicher Meridianzenitdistanzen je zweier kurz nacheinander nördlich und südlich vom Zenit kulminierender Sterne besteht, ist bei weitem die genaueste und einwandfreieste

Digitized by Google

Methode. Sie setzt eine feine Talcottsche Höhenlibelle auf der Achse und eine vollkommene Mikrometereinrichtung am Okular voraus. Bei genäherten Ortsbestimmungen auf Reisen kann letztere fortfallen und durch geeignete Systeme von Horizontalfäden in engeren Winkelabständen ersetzt werden.

Unter allen Umständen fällt die Mikrometereinrichtung bei genauen und genäherten Breitenbestimmungen fort, wenn man die bereits vollständig erprobte photographische Talcottmethode benutzt, für deren Anwendung u. a. auch das kleinere photographische Universal eingerichtet ist (Abb. 17). Zu erwähnen ist an dieser Stelle auch noch die einfache photographische Bestimmungsweise der Polhöhe von Runge und die schon zur Sprache gebrachte Schnaudersche Methode mit der Zenitkamera, durch welche Breite und Zeit zugleich ermittelt werden.

Nunmehr sei die nicht nur für die genäherte geographische Ortsbestimmung, sondern auch für die Nautik sowie für aeronautische Zwecke wichtige Aufgabe erwähnt, Breite und Zeit zugleich abzuleiten aus Höhenmessungen von Gestirnen in verschiedenen Azimuten und den zugehörigen Zwischenzeiten. Diese Methode, welche eine Variation der an erster Stelle zur Breitenbestimmung besprochenen ist, bildet seit über 400 Jahren eine der Hauptaufgaben der sphärischen Astronomie, und ihre Behandlung hat sich bis in die neueste Zeit hinein, besonders zum Zweck nautischer Ortsbestimmungen, stetig erweitert und fruchtbar entwickelt. Aus dieser Aufgabe ist durch indirekte Lösungen und graphische Konstruktionen in der Seekarte die „neuere Nautik" entstanden, welche vor etwa 70 Jahren mit Einführung der Sumnerlinien begann, vor ungefähr 20 Jahren durch die das Sumnerverfahren verbessernde Methode der St. Hilaireschen Standlinien sich weiter entwickelte und in den allerletzten Jahren in der auf französischen wie englischen Vorarbeiten beruhenden Börgenschen Auflösung nautisch-astronomische Aufgaben mit Hilfe der Mercatorfunktionen fortgesetzt wurde. Es ist unmöglich, an dieser Stelle im einzelnen auf jene interessanten und wichtigen Methoden einzugehen; sie können hier nur im Fluge, soweit es für das Verständnis unserer Aufgabe dringend nötig ist, gestreift werden.

Wird die Höhe eines Gestirns zu einer bestimmten Zeit beobachtet, so ergeben sich Daten zur Bestimmung eines Kreises auf der Erde, über dessen Zentrum das Gestirn zur Beobachtungszeit im Zenit stand

Digitized by Google

und auf dessen Peripherie der Beobachtungsort liegen muß. Es ist dies ein sogenannter Sumnerkreis, d. h. ein Kreis gleicher Höhe, dessen Zentrum durch den Stundenwinkel und dessen Radius durch die Höhe des Gestirns bestimmt wird. Gelangt darauf ein zweites, in einem anderen Azimut stehendes oder auch dasselbe Gestirn nach einiger Zeit zur Beobachtung, so ergibt sich ein zweiter Sumnerkreis, auf dessen Umfang der Beobachtungsort ebenfalls liegen muß. Ist letzterer ein fester Punkt, so liegt er in einem der Schnittpunkte beider Sumnerkreise, ist er ein bewegtes Schiff, so muß erst die Lage des einen durch Anbringung der sogenannten „Versegelung" auf den anderen Kreis reduziert werden. In der Praxis genügt es, an Stelle des Kreises die sogenannte Sumnerlinie in dem der Beobachtungsstelle entsprechenden Teil der Seekarte zu ziehen, für deren Eintragung die Auswertung von Stundenwinkel und Azimut des Gestirns ausreicht.

Dieses graphisch sehr durchsichtige und einfache, rechnerisch aber zunächst recht umständliche Sumnerverfahren gelangte in der Nautik erst zur Anwendung, nachdem besondere Tafeln für die wahren Azimute der Gestirne, womöglich bis auf die Bogenminute genau, herausgegeben wurden, auf welche bei Besprechung des Azimuts etwas näher eingegangen werden soll.

Allgemeinere Verbreitung fand die Sumnermethode jedoch erst, als vor etwa 30 Jahren die Thomsonschen Tafeln herauskamen, welche eine leichtere Anwendung jener Methode ohne logarithmische Rechnung bezweckten. Diese Tafeln beruhen auf der Zerlegung des im allgemeinen schiefwinkligen fundamentalen astronomischen Dreiecks zwischen Pol, Zenit und Gestirn in zwei rechtwinklige, deren Seiten, nämlich die Komplemente von Höhe, Deklination und Breite, um je ganze Grade variiert und so tabuliert werden, daß nach doppeltem Eingang und mit Interpolation, die Höhe, der Stundenwinkel und das Azimut des Gestirns bis auf mehrere Bogenminuten genau sich findet. Die Thomsonschen Tafeln genügten aber nicht den Forderungen der modernen Nautik, die Schiffsposition etwa bis auf die Bogenminute oder die Seemeile genau zu ermitteln.

So entstanden in den letzten Jahren neuere Tafeln (Ball usw.) dieser Art für Höhe und Azimut der Gestirne, die bei gesteigerter Genauigkeit an Einfachheit und Übersichtlichkeit nichts zu wünschen übrig lassen.

Doch kehren wir nach dieser Abschweifung über Höhen- und Azimut-

Digitized by Google

tafeln zurück zur Sumnermethode und deren weiterer Entwicklung! Zunächst ist die St. Hilairesche Modifikation jener Methode zu erwähnen, welche sich in allen Fällen bei beliebiger Position des zu beobachtenden Gestirns anwenden läßt, da bei ihr Höhenkreis und zweite bestimmende Kurve stets senkrecht sich schneiden und deshalb mathematisch den günstigsten Fall zur Schnittpunktsermittlung darbieten.

Einen weiteren Fortschritt stellen alsdann französische und englische Arbeiten dar, welche das Grundproblem der Sumnermethode, Stundenwinkel und Azimut aus einer beobachteten Gestirnshöhe herzuleiten, in eigenartiger Weise behandeln. Zu diesem Zweck werden die generellen Eigenschaften der Höhenkurven auf der Mercatorkarte, welche den Sumnerkreisen auf der Kugel entsprechen, rechnerisch und tabellarisch durch Tafeln der sogenannten wachsenden Breiten verwertet. Die Hauptarbeiten dieser Art entfallen auf Guyou und Goodwin aus dem Jahr 1895.

Als krönender Schlußstein dieser ganzen Entwicklung kann die vor einiger Zeit erschienene Abhandlung des verstorbenen Prof. Börgen aufgefaßt werden, welche über die Methode der Standlinien hinausgeht und zeigt, daß fast alle nautisch- und geographisch-astronomischen Aufgaben mit Hilfe des Theorems der wachsenden Breiten gelöst werden können. Es ist nicht möglich, an dieser Stelle näher auf die Börgensche Abhandlung einzugehen, die dazu berufen scheint, die wichtigsten nautischen und geographisch-astronomischen Aufgaben mit Hilfe einer kurzen Tafel der Meridionalteile oder Mercatorschen Funktionen an Stelle jeglicher logarithmischer Rechnung einfach und übersichtlich zu lösen. Es ist nicht schwer, sich das Wesen dieser Mercatorfunktionen klar zu machen. Auf der Seekarte, also nach winkeltreuer Mercatorprojektion, haben bekanntlich die Längengrade überall dieselbe Größe, die Breitengrade aber wachsen vom Äquator nach den Polen proportional der Sekantenfunktion der Breite. Der lineare Abstand irgendeines Breitenparallels vom Äquator auf einer für die Kugel mit dem Radius Eins entworfenen Mercatorkarte, in Bogenminuten verwandelt und für beliebige Winkel gültig, ist die sogenannte Mercatorsche Funktion, deren Komplement Kofunktion genannt wird. Mit Hilfe dieser beiden Funktionen, in Zahlen ausgedrückt und tabuliert, lassen sich nun alle Aufgaben der genäherten Ortsbestimmung bis auf 0'.1 genau lösen. Die Vorteile dieser Börgenschen Tafeln gegenüber den gewöhnlichen

Digitized by Google

logarithmisch-trigonometrischen beruhen auf Vereinfachung, Sicherheit und Übersichtlichkeit der Rechenoperationen.

Für die Zwecke der aeronautisch-astronomischen Ortsbestimmung, bei welcher es behufs sofortiger Auswertung der Beobachtungen in der Gondel des Luftfahrzeugs auf Schnelligkeit und nicht auf so große Genauigkeit (es genügen für eine Position 6′ = rund 10 km) ankommt, hat man eine Anzahl sinnreicher Apparate zur schnellen Auswertung der Standlinien und zur bequemen Eintragung derselben in die Karte erfunden. Es seien in erster Linie hier genannt die Tafeln von Schwarzschild sowie die Standlinienapparate von Dr. Brill und von Voigt („Orion").

Wir wenden uns nunmehr dazu, die Methoden zur Bestimmung des Azimuts zu besprechen. Es handelt sich hierbei zunächst nicht um genäherte magnetische Peilungen mit dem Kompaß, sondern um astronomische Bestimmungen von Azimuten, deren Ermittlung auf Reisen geboten ist. Eine Strecke auf der Erdoberfläche wird nicht nur durch Längen und Breiten beider Endpunkte vollständig gegeben, sondern auch durch Breiten und zugehörige Azimute. In diesem Falle treten also Azimutdifferenzen an Stelle von Längendifferenzen bei den Terrainaufnahmen, und erstere sind bekanntlich viel leichter zu bestimmen als die Längen.

Um das Azimut eines terrestrischen Objekts zu finden, stellt man das letztere am Horizontalkreise eines gut nivellierten Universals ein und bestimmt zugleich die Richtung der Meridianlinie an demselben aus Durchgangsbeobachtungen von Sonne oder Sternen nach der Uhr. In mittleren Breiten empfehlen sich dazu besonders polnahe helle Sterne, am Äquator kann man die Sonne beim Auf- oder Untergange nehmen und in sehr hohen Breiten wird jede Azimutmessung schwierig, wenn nicht unmöglich.

Bei der genäherten Azimutbestimmung bis auf Zehntel Bogenminuten genau lassen sich zur Ermittlung des Gestirnsazimuts Tabellen verwenden, bei der genauen Orientierung im Azimut bis auf die Bogensekunde müssen die entsprechenden Werte nach strengen Formeln gerechnet werden.

Solcher Azimuttafeln gibt es jetzt eine große Zahl, z. B. von Labrosse, Bordwood, Davis, Ebsen, Weyer, Sulst usw. Auf See führt man zur Kontrolle des Kompasses magnetische Peilungen nach den Gestirnen aus. Im Luftschiff ist diese astronomische Berich-

Digitized by Google

tigung des Steuerkompasses außerordentlich durch die Motorerschütterungen in der Gondel erschwert.

Zum Schluß noch einige Worte über die Methoden zur Längenbestimmung. Mit Recht gilt die Ermittlung der Länge für das Schmerzenskind der geographischen Ortsbestimmung auf Reisen. Während der reisende Geograph und der navigierende Seemann Breiten-, Zeit- und Azimutbestimmungen leicht erlernt, stößt die Ermittlung von Längen noch immer auf Schwierigkeiten, wenn es auch in neuester Zeit, wie wir sehen werden, gelungen ist, einen Teil derselben zu heben. Während noch zu Beginn des 19. Jahrhunderts Lalande mit Recht äußern konnte, daß kaum vier Längenunterschiede auf der Erde auf zwei Zeitsekunden sicher bestimmt seien, liegen jetzt für die Sternwarten Dutzende solcher Messungen mindestens bis auf $0^s.1$ und für die übrigen Orte viele Hunderte auf 1^s bis 5^s genau vor. Man kann von den Genauigkeitsverhältnissen zwischen Breiten- und Längenbestimmungen ohne Übertreibung sagen, daß letztere so genau in Zeitsekunden wie erstere in Bogensekunden ermittelt werden. Außerdem erfolgt die Breitenbeobachtung mit derselben Genauigkeit auf der ganzen Erde, während Längenbeobachtungen in hohen Breiten nur ungenau erhalten werden können.

Im allgemeinen handelt es sich bei allen Ermittlungen von Längendifferenzen um zwei Dinge, einmal um genaue Ermittlung der Ortszeit durch Zeitbestimmungen an beiden Stationen und zweitens um möglichst scharfe Bestimmung des Unterschieds beider Ortszeiten. Um letztere zu finden, stehen drei Hauptklassen von Methoden zur Verfügung:

1. Direkte Zeitübertragungen durch Chronometerbeförderung von einem Ort zum anderen.

2. Indirekte Zeitübertragungen durch Beobachtung von irdischen oder himmlischen Signalen.

3. Methoden, welche auf Beobachtungen der Mondbewegung beruhen.

Die Längenermittlung aus Zeitübertragungen mittels Uhren von einem zum anderen Ort spielt zur See die Hauptrolle; auch bei Landreisen wird sie häufig mit Erfolg angewendet, sobald günstige Transportverhältnisse gegeben sind. Die neueren Fortschritte in der Uhrentechnik werden durch Herstellung immer zuverlässigerer Taschenuhren hierbei helfend mitwirken. Im Luftfahrzeug geschieht die Längen-

Digitized by Google

bestimmung einfach durch Höhenmessung von Gestirnen nahe dem ersten Vertikal, woraus zunächst der Stundenwinkel jenes Gestirns am einfachsten auf graphischem Wege hergeleitet wird. Der Stundenwinkel gibt alsdann unmittelbar die zugehörige Ortszeit am Beobachtungsorte, und eine Vergleichung derselben mit der an der Uhr mitgenommenen Greenwicher Zeit (Mitteleuropäische Zeit weniger eine Stunde) liefert sofort die gesuchte Längendifferenz gegen Greenwich.

Die Längenermittlung aus indirekten Zeitübertragungen besteht in der auf beiden Stationen gleichzeitigen Wahrnehmung von irdischen oder himmlischen Signalen. Zu den ersteren gehören Heliotropsignale mittels der Sonne bei Tag und Pulversignale bei Nacht; sehr viel genauer und für beliebig weit entfernte Orte anwendbar ist die telegraphische Längenbestimmung, durch welche besonders Europa und Nordamerika mit einem dichten astronomischen Netz schärfster Längenunterschiede überzogen sind. Wenn man sich für geographische Zwecke mit Längenbestimmungen bis auf 1^s begnügt, so kann man zur Zeitübertragung etwa vorhandene Telegraphenlinien benutzen, ohne sich um die persönlichen Fehler der Beobachter und die durch Stromzeiten bedingten Verzögerungen der elektrischen Apparate zu kümmern, da letztere unter $0^s.1$ und erstere nur wenige Zehntel Zeitsekunden betragen. Neuerdings werden mit großem Erfolg auch funkentelegraphische Längenbestimmungen auf drahtlosem Wege ausgeführt.

Zu den sozusagen himmlischen Signalen, aus welchen Längenbestimmungen sich herleiten lassen, gehören Mondfinsternisse, Verfinsterungen der Jupitertrabanten, Sonnenfinsternisse und Sternbedeckungen durch den Mond, von denen die beiden letzten am besten geeignet sind. Besonders die Methode der Sternbedeckungsbeobachtungen, welche selbst mit kleinen Fernrohren leicht und genau sich ausführen läßt, sollte bei Forschungsreisen und in der Navigation mehr Beachtung finden. Leichte Ausführung der Beobachtungen und geringe Rechenarbeit, das sind die großen Vorzüge jener Methode. Allerdings gehört dazu eine ziemlich mühsame und für den Nichtastronomen umständliche Vorausberechnung des Verlaufs der ganzen Sternbedeckung betreffend Eintritt, Austritt und Sichtbarkeit am Beobachtungsorte. Aber hierin ist in neuerer Zeit sehr gute Abhilfe geschaffen worden durch die Stechertschen Tafeln zur Vorausberechnung der Sternbedeckungen. Es bedarf jetzt nur noch einer ganz kurzen Rechnung und

Digitized by Google

Abb. 13. Partielle Sonnenfinsternis (17. April 1912); Ballonaufnahme.

einfacher graphischer Konstruktionen, um alle zur Vorausberechnung einer Sternbedeckung erforderlichen Daten schnell zu finden.

Auch auf Längenbestimmungen aus Sonnenfinsternissen hat Stechert neuerdings die entsprechenden Erleichterungen der Vorausberechnung ausgedehnt und so für Reisen am Lande und zur See eine wichtige Methode zu genauer Längenermittlung zugänglich gemacht, die bisher wegen ihrer nicht unbedeutenden rechnerischen Schwierigkeiten dem Seemann und Forschungsreisenden ziemlich unzugänglich war.

Wir kommen schließlich zur dritten und wichtigsten Klasse von Methoden der Längenbestimmung, zu den Mondmethoden, welche in Beobachtungen von Monddistanzen, Mondkulminationen und Mondhöhen zerfallen.

Das besonders für die Nautik wichtige Verfahren besteht darin, die Länge aus Distanzen bekannter Sterne vom Mondrande und Vergleichung der nach Sextantenbeobachtungen berechneten mit der im astronomischen Jahrbuch tabulierten Monddistanz zu ermitteln. Während das Beobachtungsverfahren nicht allzuschwer zu erlernen ist, bietet die Reduktion der Messungen, selbst nach der besten Methode von Chauvenet, und trotz der in manchen astronomischen Jahrbüchern tabulierten Reduktionsgrößen noch erhebliche Schwierigkeiten für den Nichtastronomen.

An Land, wenn man keinen Sextanten, sondern zweckmäßig nur ein Universal zur Verfügung hat, versagt die visuelle Ausführung der Monddistanzen. Hier tritt aber die Photographie sofort helfend ein, und sie hat schon jetzt, das kann ohne Übertreibung gesagt werden, für diese schwierigste Aufgabe der geographischen Orientierung, die Längenbestimmung auf Reisen, eine bequeme und genaue Lösung verschafft. Auf Grund der Vorarbeiten von Schlichter und Hills ist es besonders Koppe gelungen, durch sinnreiche Elimination des früher

Digitized by Google

stets unscharf photographierten Mondrandes unter Anwendung eines besonderen, um 180° leicht drehbaren Phototheodoliten der photographischen Methode der Monddistanzen eine große Zukunft zu sichern.

Von gelegentlichem Nutzen auf Reisen, meist aber für permanenten Stationen verwendbar, ist auch die Längenbestimmung aus Mondkulminationen, welche auf der Beobachtung von Meridiandurchgängen des Mondes und benachbarter Sterne beruht.

Besonders hervorzuheben ist endlich die Methode der Längenermittlung aus Mondhöhen, weil sie in äquatorialen Breiten eigentlich die einzige mit großem Vorteil zu verwendende ist, sowohl für Landreisen als auch auf See.

Hiermit kann der an dieser Stelle nur knappe Überblick über die Methoden der geographischen Ortsbestimmung abgeschlossen werden. Es ist ein großes und wichtiges Gebiet, dessen Entwicklung noch manche Fortschritte machen muß und wird. Obwohl ein Grenzgebiet zwischen Astronomie und Geographie, wird hierbei doch die praktische Himmelskunde der gebende, die geographische Wissenschaft der empfangende Teil sein.

Dritter Abschnitt.

„Instrumente sind Erweiterungen unserer Sinne."

Die wichtigsten Instrumente zur geographischen Ortsbestimmung an Land, auf See und in der Luft.

In früheren Zeiten fanden alle Beobachtungen der einfachsten Himmelserscheinungen ohne Instrumente für die Zwecke des praktischen Lebens statt. Für die Landwirtschaft und vor allen Dingen für die Anfänge der Schiffahrt genügte es, Auf- und Untergänge bekannter Gestirne sowie ihre jeweiligen Höhen über dem Horizont wenigstens annähernd zu kennen. Daraus ließ sich in einfacher Weise die Zeit- und, wenn nötig, auch die Richtung der Fortbewegung auf der Erdoberfläche berechnen. So navigierten z. B. die alten Phönizier, die als kühne Seefahrer im Atlantischen und Indischen Ozean bekannt waren, ferner die alten polynesischen Völker der Südsee, die abenteuerliche Wanderzüge auf ihren gebrechlichen Kanos ausführten. Alle diese alten Seefahrer entnahmen die Richtung aus Höhenschätzungen der Gestirne, die sie mit der Hand ausführten und wobei der Mittelfinger nach dem Horizont, der Zeigefinger nach oben auf das Gestirn gerichtet wurde.

Digitized by Google

Die Natur hat dem Menschen unmittelbar zwei Hilfsmittel gegeben: den Horizont, besonders deutlich auf der Wasserfläche in der Begrenzungslinie von Himmel und Wasser als Kimmlinie oder natürlicher Gesichtskreis sowie eine Vertikalsäule, die bei Sonnenschein als schattenwerfende Marke benutzt werden kann. Diese beiden, dem Menschen unmittelbar sich darbietenden einfachen Hilfsmittel zur Messung — Horizont und Vertikale — haben frühzeitig schon zur Konstruktion von Instrumenten geführt. So entstand zweifellos bei den alten Ägyptern der „Gnomon", eine schattenwerfende Säule, die als einfachste Sonnenuhr aufzufassen ist. Aus Länge und Richtung des Schattens hinter dieser senkrechten Säule wurden Höhe und Azimut (Abstand von der Mittagslinie) für die Sonne bestimmt. Da bei dem beträchtlichen Durchmesser (über $\frac{1}{2}^0$) der Sonne die Schattenbegrenzung ziemlich unscharf bleibt, war das einfache Gnomoninstrument recht fehlerhaft, bis es später durch Aufsetzen einer gelochten Scheibe wesentlich verbessert wurde. Dennoch haben die Alten mit einem so einfachen Apparate für damalige Zwecke schon recht genau z. B. die Jahreslänge ermitteln können. Der Zeitpunkt des längsten Schattens (tiefster Sonnenstand) entspricht dem Wintersolstitium, jetzt 22. Dezember, und der Zeitpunkt des kürzesten Schattens (höchster Sonnenstand) bezeichnet das Sommersolstitium, das jetzt für die nördliche Erdhalbkugel auf den 22. Juni fällt. Zur Zeit der Herbst- und Frühlingsäquinoktien (jetzt 23. September und 21. März) wurde eine mittlere Länge des Sonnenschattens beobachtet. So stellten die Alten schon mit so einfachen Hilfsmitteln die Jahreslänge oder die Umlaufszeit der Erde um die Sonne fest, und es ist bemerkenswert, daß heute mit den modernen Tafeln für die scheinbare Sonnenbewegung (wirkliche Erdbahn) sich die Sonnenstellungen rückwärts bis in die Zeit der alten Ägypter genauer berechnen lassen, als sie von den Ägyptern damals an den Gnomonen beobachtet wurden.

Als winkelmessendes Instrument aus alter Zeit ist ferner das sogenannte parallaktische Lineal oder Triquetrum, schon von Ptolemäus beschrieben und noch von Kopernikus benutzt, zu erwähnen. Dieses Visierinstrument, auch Ptolemäische Regel genannt, bestand aus drei, ein gleichschenkliges Dreieck bildenden Linealen, von denen eins vertikal stand und das andere als zweiter gleicher Schenkel, oben drehbar sich auf dem dritten Schenkel, der geteilt war, verschieben ließ. Der drehbare Schenkel war zum Visieren nach den Gestirnen einge-

Digitized by Google

richtet. Dieses parallaktische Lineal kann als Vorläufer des sogenannten Radius astronomicus oder Jakobsstabes betrachtet werden, der schon im 14. Jahrhundert erfunden wurde und gleichfalls zum Messen der Gestirnshöhen diente. Dieser Visierstab, auf den zum Einstellen verschiedener Winkel auch verschieden lange Querstäbe aufgesetzt wurden, diente bei den Entdeckungsreisen der Spanier und Portugiesen als Höhenwinkelmesser zur geographischen Ortsbestimmung auf See. Auch Kolumbus benutzte bei seinen kühnen Seefahrten einen Jakobsstab, der überhaupt bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts das wichtigste Instrument der Seefahrer zur Breiten- und Zeitermittlung bildete.

Neben solchen Apparaten mit geradliniger Teilung kamen im Altertum aber auch bereits Winkelinstrumente mit Kreisteilung vor. Das waren die sogenannten Astrolabien, die schon im 2. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung erdacht wurden und aus geteilten Meßkreisen bestanden, an denen die Stellungen der Himmelskörper im System des Äquators, des Horizonts oder der Ekliptik bestimmt werden konnten. Derartige Astrolabien, gelegentlich auch Armillarsphären genannt, sind später zuerst von den Arabern besonders im Mittelalter bequem transportabel gemacht und zur Ortsbestimmung auf See benutzt worden. Auch Kolumbus hat neben dem Jakobsstabe kleinere Astrolabien für die astronomische Nautik auf seinen berühmten Entdeckungsfahrten über See verwendet.

Im Gebrauch den Armillarsphären sehr ähnlich war das von Regiomontan konstruierte Torquetrum, aus einer Kombination von mehreren äußeren und inneren Holz- oder Metallkreisen mit Teilung und Visierlineal bestehend, die nach den Fundamentalkreisen der Himmelssphäre eingestellt werden konnten. Schon die als Träger der Naturwissenschaften im Mittelalter wirkenden Araber ersannen und konstruierten ferner den Mauerquadranten, einen im Meridian an einer Mauer befestigten und mit Teilung sowie Diopter (Absehenslinie) versehenen Kreisbogen. Auf der altarabischen Sternwarte von Meragah aus dem 13. Jahrhundert befand sich ein solcher Mauerquadrant, der zum Messen von Gestirnshöhen in der Kulmination diente. Der dänische Astronom Tycho Brahe verbesserte den Mauerquadranten, stellte ihn sorgfältig auf und führte an einem solchen Instrumente in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts die besten Beobachtungen seiner Zeit aus, u. a. die den Keplerschen Gesetzen zugrunde gelegten Positionsbestimmungen des Planeten Mars. Während Ptolemäus

Digitized by Google

die Örter der Gestirne noch über 10 Bogenminuten falsch beobachtete, kamen bei Tycho Brahe nur äußerst selten Fehler von 2 Bogenminuten vor. Das waren die ersten Anfänge der winkelmessenden Instrumente in alter Zeit, die in den Mauerquadranten von Tycho und Hevel (im 17. Jahrhundert) den Höhepunkt astronomischer Technik vor Erfindung des Fernrohrs erreichten.

Nun zu den ersten zeitmessenden Instrumenten. Schon bei den alten Griechen gab es ganz einfache Sand- und Wasseruhren, die zu einer genäherten Ermittlung kleinerer und größerer Zeitintervalle benutzt wurden. Von diesen rohen Instrumenten ist übrigens die Sanduhr noch heute, wenigstens in ganz kleinen Dimensionen, auf manchen Schiffen in Gebrauch, wenn es sich darum handelt, die Fahrtgeschwindigkeit durch Auswerfen eines sogenannten Loggs oder Knotenzählers zu ermitteln. Auf den modernen Seefahrzeugen wird die Geschwindigkeit allerdings ausschließlich jetzt durch Patentloggs mit Schraubenumdrehungen oder auch aus der Tourenzahl der Schiffsschraube bestimmt. Bei den Arabern gab es im 8. und 9. Jahrhundert sogar Wasseruhren mit Räder- und Schlagwerk, selbst Öluhren kamen zur Verwendung, bei denen die Zeitintervalle durch den Ölverbrauch einer brennenden Lampe gemessen wurden. Schon im 13. Jahrhundert kamen Räderuhren durch Gewichte getrieben und mit Spindelhemmung versehen in Gebrauch, die im 14. und 15. Jahrhundert vervollkommnet und sogar für gelegentliche astronomische Messungen benutzt wurden. Im 16. Säkulum gab es die ersten Taschenuhren, von Peter Henlein in Nürnberg hergestellt. Diese sogenannten Nürnberger Eier fanden zwar eine weite Verbreitung, waren aber nichts weniger als etwa Präzisionsapparate zur Zeitmessung. Hierzu kam es erst im 18. Jahrhundert nach Erfindung der Pendeluhr und des Chronometers.

Schon früher, nämlich zu Beginn des 17. Jahrhunderts, begannen die großen Fortschritte in der Vervollkommnung astronomischer Winkelmeßinstrumente durch die epochemachende Erfindung des Fernrohrs, die zuerst dem holländischen Optiker Lippershey als einfache Linsenkombination gelang. Der Ruhm jedoch, das Fernrohr zuerst wissenschaftlich angewendet zu haben, gebührt zweifellos Galilei, der schon im Jahre 1609, wahrscheinlich mit Kenntnis der Linsenzusammenstellung von Lippershey, Ferngläser von 3- bis 30facher Vergrößerung konstruierte. Mit diesen ersten kleinen Ferngläsern

Digitized by Google

führte Galilei bereits eine große Zahl von Entdeckungen am Himmel aus, indem er die Flecken der Sonne, die Phasen des Planeten Venus und die Trabanten des Jupiter erkannte.

Das Galileische oder holländische Fernrohr, welches aus einem bikonvexen Objektiv und einem bikonkaven Okular besteht, erzeugt nur sogenannte virtuelle Bilder, die überhaupt erst im Auge zustande kommen. Diese Form der Linsenkombination wird jetzt nur noch für Feldstecher und Operngläser verwendet, da sie dem Fernrohr eine sehr kurze Brennweite zu geben gestattet.

Das eigentliche astronomische Fernrohr ist das von Kepler in seiner berühmten, 1611 zu Augsburg erschienenen Schrift „Dioptrica" beschriebene, aus zwei bikonvexen oder Sammellinsen bestehende Keplersche Fernrohr, das ein zwischen den beiden Linsen liegendes reelles Bild erzeugt und den optischen Grundtypus der heutigen Refraktoren bildet. Die Vergrößerung eines solchen Fernrohrs, das sich in ganz entsprechender Konstruktion auch in den modernen kleinen Höhenwinkelmessern für geographische Ortsbestimmung befindet, wird bekanntlich durch das Verhältnis der Brennweiten von Objektiv und Okular gegeben. Theoretisch könnte man daher durch Vergrößerung der Objektivbrennweite und durch Verkleinerung der Okularbrennweite beliebig starke Vergrößerungen erzielen. Aber schon die Nachfolger Galileis und Keplers stießen hierbei auf eine Schwierigkeit, die sie nicht zu überwinden vermochten und deren Ursache in der Farbenabweichung oder der sogenannten chromatischen Aberration lag. Infolge derselben war es zunächst unmöglich, farbenfreie Bilder der Himmelskörper oder auch selbst irdischer Objekte zu erhalten. Erst 150 Jahre nach Kepler gelang es dem Schweizer Mathematiker Euler, die Grundzüge der Achromasie oder Farbenkompensation zu finden. Bald darauf baute der englische Optiker Dollond das erste farbenfreie oder achromatische Fernrohr, indem er zwei verschieden brechende Glassorten, Crown- und Flintglas, zu einer Objektivlinse zusammensetzte, wobei dem Objekt eine bikonvexe Crownglaslinse und dem Beobachter eine etwa nur halb so stark gekrümmte plankonkave Flintglaslinse zugekehrt war. Ohne an dieser Stelle näher auf Einzelheiten der Fernrohrkonstruktion einzugehen, sei nur erwähnt, daß auch heute das Problem der vollständigen Achromasie noch nicht endgültig gelöst ist. Bei sehr großen Objektiven tritt auch bei der Kombination von Crown- und Flintglas noch ein ganz schwaches sekun-

Digitized by Google

däres Spektrum auf, das manchmal störende blauviolette Umrandungen heller Himmelsobjekte mit sich bringt. Außer mit der chromatischen Abweichung hatte man früher auch noch mit der sogenannten sphärischen Abweichung der Linsen zu kämpfen, da es zuerst nicht gelang, die auf den mittleren Teil und die Randzone einer Linse fallenden Lichtstrahlen in einen Bildpunkt zu vereinigen. Heute ist man längst imstande, Linsen frei von derartigen Fehlern, also ganz aplanatisch herzustellen. Dies hat besonders große Bedeutung für photographische Aufnahmen, bei denen es sich zumeist um ein großes Gesichtsfeld, also um Weitwinkelobjekte handelt, die nur in Form von „Aplanaten" zu gebrauchen sind.

Auch in der Herstellung der rohen, zur Linsenfabrikation dienenden Glasmassen sind in der Neuzeit bedeutsame Fortschritte erzielt worden, die in erster Linie durch die Aufgaben der verfeinerten astronomischen Beobachtungskunst angeregt wurden. Früher kamen häufig noch unreine, sehr leicht zu Ausscheidungen neigende Glasmassen zur Verwendung, die einen beträchtlichen Teil der Lichtstrahlen absorbierten und eine stetig zunehmende Verschleierung des Gesichtsfeldes bedingten. Heute sind, besonders durch die Jenenser optischen Anstalten, auch in dieser Hinsicht wesentliche Vervollkommnungen durch spezielle chemische Zusammensetzungen und eigenartige Behandlungen beim Kühlen der Glasmassen erzielt worden. Das neue weiße Jenenser Glas ist so lichtstark, daß z. B. der südliche Polarstern im Sternbilde des Oktanten, der als Stern 5,5. Größenklasse bei beleuchtetem Gesichtsfelde in kleineren Instrumenten (Universalen) früher kaum zur Breitenbestimmung auf der südlichen Erdhalbkugel benutzt werden konnte, obwohl er sich seiner Polnähe wegen dazu besonders eignet, jetzt ohne Schwierigkeit zur raschen Ortsbestimmung verwendet werden kann. So hat nicht nur die fortschreitende Technik in der Glasherstellung der praktischen Astronomie geholfen, sondern man kann auch umgekehrt sagen, die astronomische Wissenschaft hat in der Praxis vielfach Anregungen zur Vervollkommnung der Technik gegeben.

Aber in der praktischen Astronomie wird das stärkste optische Hilfsmittel als Linsen- oder auch als Spiegelteleskop erst durch eine zweckmäßige Verbindung mit Meßapparaten bedeutungsvoll. So erst entsteht das eigentliche astronomische Instrument, durch dessen geeignete Verwendung als Forschungsmittel überhaupt das Fundament der modernen Astronomie gelegt worden ist. Um brauchbare Messun-

Digitized by Google

gen zu ermöglichen, muß das Fernrohr zunächst sicher und zweckmäßig aufgestellt sein. Zum Auffinden der Himmelsobjekte dreht sich das Fernrohr im allgemeinen um zwei Achsen, die den Hauptachsen desjenigen sphärischen Koordinatensystems entsprechen, in welchem das Instrument aufgestellt ist (Horizont für Universalinstrumente oder Äquator für Refraktoren). Die Einstellung der astronomischen Instrumente geschieht an geteilten Kreisen, die mit den Fernrohrachsen verbunden sind. Das Messen selbst endlich findet teils außerhalb des Fernrohrs, teils im Fernrohr statt. Im ersteren Falle sind es entweder Winkelablesungen, die an feingeteilten, mit dem Fernrohr fest verbundenen Meßkreisen mit Nonien, Mikroskopen und Zahnkreisschrauben erfolgen, oder aber es handelt sich um Schätzungen von Zeitunterschieden, die bei der stetig mit der Zeit am Himmel wechselnden Lage der Gestirne an einer Uhr (Pendeluhr oder Chronometer) geschehen. Die Messungen im Fernrohr selbst werden durch mikrometrische Apparate, die im allgemeinen am Okular des Instrumentes sitzen, bewerkstelligt, indem man im Gesichtsfelde Abstände und Richtungen von Himmelsobjekten bestimmt. Hierbei hat die optische Kraft des Fernrohrs eine wesentliche Bedeutung, da z. B. mit der Vergrößerung der Brennweite die lineare Bildgröße wächst und daher auch die Ausmessungsgenauigkeit im Gesichtsfelde, während zugleich mit der Vergrößerung der Dimensionen des Objektivs die Lichtstärke des ganzen Instruments erheblich zunimmt.

Den ersten Schritt, das Fernrohr selbst zum Messen einzurichten, unternahm 1640 der englische Astronom Gascoigne, indem er in der Fokalebene des Objektivs das Fadenkreuz anbrachte und das erste Fadenmikrometer konstruierte. Bald darauf erfolgte hauptsächlich durch französische Mechaniker die Verbindung der Fernrohre mit Meßkreisen, deren schärfere Einteilung jedoch erst gegen Ende des 18. Jahrhunderts dem englischen Mechaniker Ramsden durch Erfindung der Teilmaschine gelang. Eine genauere Kreisablesung mittels Hilfsteilungen hatten schon in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts der französische Mathematiker Vernier und der portugiesische Seefahrer Nuñez ersonnen. Diese sogenannte Noniusablesung wurde erst in der Mitte des 19. Jahrhunderts, wesentlich auf Anregung deutscher Mechaniker, durch das viel genauere Ableseмikroskop ersetzt. Neuerdings wendet man, auch auf Betreiben der deutschen Feinmechanik, bei kleineren Instrumenten an Stelle des sehr unbequemen Nonius

Digitized by Google

häufig die viel schnellere und sicherere Ablesung an einer Schraubentrommel an, die in Verbindung mit dem in Grade geteilten Hauptkreise ein sehr schnelles Ablesen der Bogenminute und ihrer Unterabteilungen gestattet.

Allmählich haben die Fortschritte der technischen Wissenschaften in Verbindung mit den kritischen Ideen der Astronomen und Physiker die gesamte astronomische Instrumentik in fast allen ihren Zweigen zu hoher Vollendung gebracht. Außerdem sind in den letzten Jahrzehnten völlig neue Gebiete der Astronomie erschlossen worden, die alle früher der Himmelskunde zugewiesenen Grenzen beträchtlich erweitert haben. Es sind dies die *astrophysikalischen Forschungen* über die Beschaffenheit der Himmelskörper und über ihre Bewegung in der nicht direkt im Fernrohr wahrnehmbaren Gesichtslinie sowie die gesamten, mit Hilfe der Himmelsphotographie erschlossenen astronomischen Untersuchungsgebiete. Dadurch sind ganz neue Meßmethoden und Meßinstrumente in der Astronomie entstanden, die in mehr oder weniger inniger Beziehung zur Physik stehen, und auf die an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden kann.

Endlich hat die *Aufstellung* der Meßinstrumente und die Konstruktion der zugehörigen Beobachtungsräume in neuerer Zeit wesentliche Fortschritte gemacht und dabei auch der praktischen Bautechnik eine Reihe interessanter Aufgaben gestellt. Der immer mehr sich verfeinernden astronomischen Beobachtungskunst treten zahlreiche mehr oder weniger gefährliche Störungen in den Weg. Im wesentlichen sind es drei Fehlerquellen, die hier Beachtung verdienen: instrumentelle, persönliche und atmosphärische Störungen. Das Unschädlichmachen der beiden ersten Fehlerquellen, die den Instrumenten und den Beobachtern anhaften, gelingt der fortschreitenden Technik und einer noch immer mehr zu verfeinernden Beobachtungskunst, die möglichst unpersönliche Messungen zu erzielen sucht. Aber selbst wenn man an Stelle des Auges die photographische Kamera setzt, um persönliche Fehler bei der astronomischen Messung möglichst auszuschließen, muß man nachher doch die photographischen Platten im Laboratorium persönlich ausmessen, um die Ergebnisse der Beobachtungen herzuleiten. Es gilt daher auch heute, selbst bei Anwendung der Himmelsphotographie, noch der bezeichnende Ausspruch *Bessels*: „Der wichtigste Teil eines astronomischen Instruments ist der Mensch am Ende des Fernrohrs."

Digitized by Google

Die größte und gefährlichste Feindin astronomischer Beobachtungskunst bleibt die Atmosphäre unseres Planeten, sowohl die innerhalb als besonders auch die außerhalb der Beobachtungsräume befindliche Luftschicht. Das Zittern und Wallen der Luft, die unregelmäßigen und verschieden temperierten Luftströmungen, die ein Funkeln der Gestirne hervorrufen, machen im Fernrohr, besonders bei stärkeren Vergrößerungen, zuverlässige Beobachtungen fast unmöglich. Dazu kommen noch Unregelmäßigkeiten der Strahlenbrechung, die bei feinen astronomischen Messungen, wenn es sich um Beträge von Bruchteilen der Bogensekunde handelt, eine verhängnisvolle Rolle spielen können. Unsere Atmosphäre stellt daher immer, selbst wenn man zur Ausschaltung der untersten Schichten auf hohe, isolierte Berggipfel geht, ein letztes Hindernis für alle feinen astronomischen Messungen dar.

Die transportablen Instrumente zur Ortsbestimmung zerfallen in winkel- und zeitmessende Apparate. Zur Klasse der winkelmessenden Instrumente gehören erstens die Reflexionsinstrumente (Sextanten, Libellenquadranten usw.) und zweitens die Universalinstrumente (früher Theodolite genannt) in allen möglichen Variationen und Dimensionen.

Die Reflexionsinstrumente, welche zu den Messungen mit der Hand gehalten werden können, bilden in Form der Spiegelsextanten das astronomische Rüstzeug des Seefahrers, in Gestalt der Libellenquadranten dasjenige des Luftschiffers. Wir beginnen mit dem modernen Spiegelsextanten, dessen Genauigkeit neuerdings eine hohe geworden ist, seit durch Einführung besonderer Sextantenprüfungsstellen, wie z. B. auf der Deutschen Seewarte in Hamburg, die Qualität der Spiegel, Blendgläser, Teilungen usw. vor dem Gebrauch der Sextanten einer scharfen Kontrolle unterzogen wird. Genauere Resultate und vielseitigere Anwendung als der Sextant gewährt der Prismenkreis, bei welchem die Spiegel durch total reflektierende Prismen ersetzt und die Ablesungen des Vollkreises an zwei diametralen Stellen ausgeführt werden. Die Prismen geben schärfere Bilder, die doppelte Ablesung eliminiert den Exzentrizitätsfehler sowie einen speziellen Betrag der Teilungsfehler und mit dem wesentlich stabileren Vollkreise lassen sich alle Winkelgrößen messen.

Wenn bisher, besonders auf See, die Anwendung des Prismenkreises nur eine äußerst beschränkte geblieben und der Sextant beibehalten ist, so hat dies seinen guten Grund in dem beträchtlichen Gewicht des

Digitized by Google

Abb. 14. Moderner Spiegelsextant zur Ortsbestimmung auf See.

ersteren, das ein Beobachten in freier Hand wesentlich erschwert. Aber die fortschreitende Technik, besonders im Hinblick auf die in der Metallurgie so wichtigen neuen Metallegierungen, wird hoffentlich auch hier das Leichte mit dem Genauen zu verbinden wissen.

Eines neueren und immer mehr in der Entwicklung begriffenen Fortschritts der nautischen Instrumententechnik sei hier gedacht, welcher in der modernen Schnellschiffahrt, wo es auf häufigere Ermittlungen des Schiffsortes am Tage und nachts ankommt, eine wichtige Rolle zu spielen berufen ist. Wie bekannt, gilt auf See als feste Absehenslinie der Meereshorizont, von dem aus die Gestirnshöhen gemessen werden. Aber diese natürliche Marke versagt bisweilen, besonders bei nebligem Horizont und nach Einbruch der Dunkelheit. An den Küsten unserer westafrikanischen Kolonien z. B. ereignet es sich häufig, daß die Sonne sichtbar, die Kimmlinie aber ganz verwaschen ist. Ferner, und das ist eine sehr bedeutsame, erst in neuester Zeit durch wissenschaftliche Spezialuntersuchungen aufgeklärte Frage, ändert sich die Kimmtiefe, also jene wichtige Korrektion, durch welche an Bord die Messungen vom Meereshorizont auf den astronomischen Sehkreis behufs direkter Ortsbestimmung reduziert werden, mit dem Unterschiede zwischen Luft- und Wassertemperatur. Besonders bei Windstille kommen dadurch ganz abnorme Hebungen der Kimm bis zu 10′ vor, während bei stärkerem Winde die Luft über dem Wasser sich genügend durchmischt. Daher müssen die Tafeln zur Kimmtiefenkorrektion in Zukunft nicht nur für das Argument der Augenhöhe, sondern auch nach dem jeweiligen Temperaturunterschied zwischen Luft und Wasser eingerichtet werden. Das ist neuerdings auch versucht worden,

Digitized by Google

aber es hat sich herausgestellt, daß selbst dann noch Fehler von 1′ in der jeweiligen Reduktion vom natürlichen auf den scheinbaren Horizont übrig bleiben; das sind Beträge, welche die bis auf 1′ erstrebte Genauigkeit einer nautischen Ortsbestimmung gelegentlich in Frage stellen können.

Aus allen diesen Gründen ist es daher von großer Wichtigkeit, auch solche Instrumente auf See zu benutzen, durch welche man bei den Ortsbestimmungen von der Kimm unabhängig wird. Unter den zahlreichen Versuchen, künstliche Absehenslinien auf dem Schiff zu verwenden, können bisher nur zwei als mehr oder weniger gelungen bezeichnet werden: der Libellenquadrant und der Gyroskopkollimator. Der erstere, welcher darauf beruht, daß an einem freihändig zu verwendenden Höhenwinkelmesser eine Libellenblase in das Gesichtsfeld gespiegelt wird, hat sich zwar bewährt, aber nur in solchen Fällen, wo besonders große Genauigkeit nicht in Frage kommt. Beträgt doch bei dem Butenschönschen Libellenquadranten die Genauigkeit einer einzelnen Messung nur etwa ± 3′. Eine fast dreimal so große Genauigkeit liefert der äußerst sinnreich konstruierte Gyroskopkollimator von Fleurais, bestehend aus einem kleinen Kreisel, der in einem glockenartigen, am Sextanten zu befestigenden Kästchen eingeschlossen und in außerordentlich schnelle Rotation versetzt wird. Auf einem zur Rotationsachse des Apparats senkrechten Durchmesser befinden sich zwei Linsen mit Absehensmarken, und sobald der Apparat rotiert, erblickt man im Sextantenfernrohr eine horizontale, bis auf einige kleine Korrektionen mit der künstlichen Horizontlinie identische Marke. Dieses eigenartige Instrument hat sich gut bewährt, wenn auch seine Verwendung an Bord dadurch erschwert wird, daß statt einzelner Gestirnshöhen stets eine ganze Reihe von Höhen zu messen und zu reduzieren ist. Wenn man aber bedenkt, daß durch solche bei einiger Übung leicht zu bewältigende Mehrarbeit die Sicherheit der Schiffahrt erhöht wird, so fällt die etwas umständliche Anwendung gegenüber den Fortschritten der Navigation nicht ins Gewicht.

Zur experimentellen Bestimmung der jeweiligen Kimmtiefe sind auch besondere Kimmtiefenprismen von Koß, Kohlschütter und Pulfrich konstruiert worden, die jedesmal an die Sextanten angesetzt werden, um die richtige Kimmtiefe zu ergeben.

Für die astronomische Ortsbestimmung im Luftfahrzeug kommen zur Höhenmessung der Gestirne von der schwankenden und hoch in der

Digitized by Google

Luft befindlichen Gondel nur die Libellenquadranten in ihren verschiedenen Konstruktionen von Butenschön, Schwarzschild, Bunge und Hartmann in Betracht. Diese Libellenquadranten, die sehr handliche und bequem zu transportierende, freihändig zu benutzende Höhenwinkelmesser darstellen, beruhen sämtlich auf dem Prinzip, daß eine Libellenblase in das Gesichts-

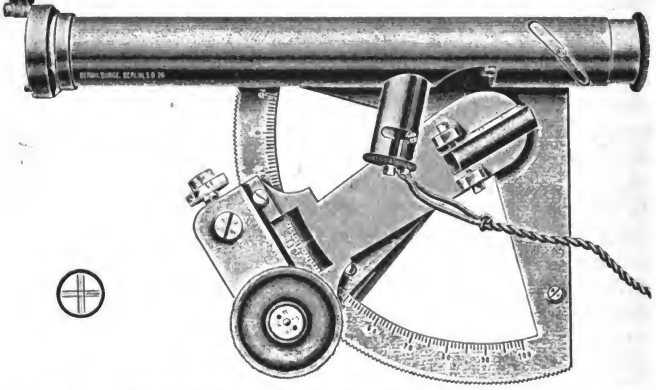


Abb. 15. Libellenquadrant (Lindt-Bunge) zur Ortsbestimmung im Luftfahrzeug.

feld gespiegelt wird und bei richtiger Höheneinstellung das direkt im Fernrohr anvisierte (Butenschön, Bunge) oder auch durch Spiegelung in das Fernrohr gebrachte (Schwarzschild) Objekt symmetrisch umspült.

Das Faktotum des Reisenden zu Lande bildet das Universalinstrument, mit welchem sich alle Aufgaben der Ortsbestimmung sicher und bequem lösen lassen. Formen und Dimensionen des Universals sind unendlich verschieden, es gibt Instrumente mit exzentrischem und zentrischem (gebrochenem) Fernrohr, so kleine, daß sie auf der flachen Hand, so große, daß sie nur schwer transportabel sind. Die ersteren haben Meßkreise von nur etwa 8 cm Durchmesser mit Nonienablesung bis auf 1′, die letzteren besitzen Kreise von etwa 40 cm Diameter mit Mikroskopablesungen bis auf 0″.5 genau.

Neuerdings verwendet man mit großem Vorteil für die genäherte geographische Ortsbestimmung am Lande (bis auf 0′.2 = 12″ ge-

Digitized by Google

nau) die sogenannten Zahnkreisuniversale von G. Heyde in Dresden, welche an Stelle des Nonius eine Schraubentrommel in Verbindung mit einer Zahnkreisfeinbewegung führen. Dadurch bleibt dem Beobachter das Schätzen der Minute durch Aufsuchen der Koinzidenz von Teilstrichen an der Haupt- und Noniusteilung erspart, da unmittelbar am Schraubenkopf der Feinbewegung die ganzen Minuten und Zehntelminuten bequem abgelesen werden (Abb. 16).

Abb. 16. Zahnkreis-Universal (G. Heyde-Dresden) zur Ortsbestimmung am Lande mit Ablesung an einer Schraubentrommel (ohne Nonius).

Ein mittleres, zur geographischen Ortsbestimmung ausreichendes Universal sollte Kreise von etwa 12 cm Durchmesser mit Mikroskopablesungen auf 2″ haben. Ferner sollte das Fernrohr zentrisch angebracht, also ein gebrochenes sein, damit der Beobachter stets mit unveränderter Kopflage die Messungen im Okular ausführen kann. Es ist dies nicht nur bequemer, sondern vermindert auch wesentlich den Einfluß von Fehlern der Sinneswahrnehmung auf die Messungen; außerdem fallen bei den modernen Instrumenten, durch zweckmäßige Befestigung eines die Lichtstrahlen im Fernrohr seitwärts reflektierenden Prismas, alle früher geltenden Bedenken gegen eine genügende Stabilität des optischen Systems fort. Wenn das Prisma vollkommen spannungsfrei geschliffen und befestigt ist, so dürfte auch kaum eine merkliche Deformation der Sternbildchen durch die Reflexion zu fürchten sein.

Alle diese Übelstände fallen fort, ja es treten sogar große Vorteile durch Entlastung des Beobachters sowie durch Vermeidung der persönlichen Fehler auf, wenn man die geographische Orientierung nicht auf visuellem, sondern auf photographischem Wege vornimmt.

Digitized by Google

Die Vorteile, welche eine kritische photo-geographische Ortsbestimmung bietet, gehen aber noch weiter, indem dieselben sich nicht nur auf astronomisch-physiologische, sondern auch auf klimatisch-geographische Gesichtspunkte ausdehnen lassen. Man denke z. B. an visuelle Messungen eines Forschungsreisenden in feuchten heißen Ländern, wo die Ruhe des Beobachters durch lästige Insekten ernstlich gestört wird und außerdem noch erfahrungsgemäß die Meßfäden im Fernrohr durch gewisse Insekten zerstört werden. Ferner vergegenwärtige man sich Ortsbestimmungen in der Nähe der Erdpole, wo niedrige Temperaturen die Leistungen von Hand und Auge empfindlich beeinträchtigen.

Trotz aller dieser wohl einleuchtenden Vorteile hat, wie so oft das Neue in der Wissenschaft, auch die photo-geographische Ortsbestimmung bisher nur wenig Verbreitung gefunden. Allerdings befindet sich diese Anwendung der Photographie innerhalb der messenden Astronomie bis zu einem gewissen Grade noch im Entwicklungsstadium. Streng wissenschaftlich erprobt ist bisher, besonders auf Grund von Arbeiten des Verfassers, die photographische Methode zur genaueren und genäherten Polhöhenbestimmung nach dem ebenso einfachen wie eleganten Prinzip des Horrebow-Talcottschen Verfahrens, wobei Differenzen nahezu gleicher Meridian-Zenitdistanzen je zweier kurz nacheinander nördlich und südlich vom Zenit kulminierender Sterne aufgenommen und ausgemessen werden. Zur genäherten photographischen Bestimmung von Breite und Zeit zusammen bis auf etwa $\pm 2''$ beziehungsweise $\pm 0^s.25$, liegen in neuerer Zeit ebenfalls erfolgreiche Versuche von Schnauder vor, bei welchen mit einer als Reiseinstrument einfach und sinnreich konstruierten, vertikal aufgestellten und um 180^0 drehbaren Zenitkamera die Sterne um den Zenitpunkt aufgenommen und daraus die sphärischen Koordinaten des Zenitbildpunktes hergeleitet werden.

Auch die für den Nichtastronomen schwierigste Aufgabe der geographischen Orientierung, nämlich die Längenbestimmung, ist durch das bewährte Verfahren der photographischen Monddistanzen nach den erfolgreichen Versuchen von Schlichter, Hills und Koppe als gelöst zu betrachten. Zweifellos wird die photographische Methode der Messung von Monddistanzen, welche im Gegensatz zur visuellen leicht zu erlernen ist, für Forschungsreisen von größter Bedeutung werden. Besonders hervorzuheben ist hierbei das sinnreiche Koppesche Ver-

Digitized by Google

fahren, bei welchem durch eine Drehung um 180° die Sternabstände vom Mondrande so aufgenommen werden, daß der die Messungsgenauigkeit störende unscharfe Mondrand eliminiert wird.

Um nun alle Aufgaben der genäherten geographischen Ortsbestimmung Zeit, Breite, Azimut und Länge zusammen an einem Instrument photographisch zu lösen, ist nach Angaben des Verfassers von Günther in Braunschweig ein mittleres photographisches Reiseuniversal, nach dem Vorbilde des Koppeschen Phototheodoliten, aber mit einigen astronomischen Erweiterungen konstruiert worden, dessen vollständige Erprobung noch nicht durchgeführt ist. Ein gewöhnliches, exzentrisch angebrachtes gerades Fernrohr von 3 cm Öffnung und 30 cm Länge gestattet die visuelle Ausführung von Ortsbestimmungen; parallel mit demselben bewegt sich die zentrisch angebrachte photographische Kamera, deren Objektiv eine Öffnung von 4 cm und eine Brennweite von 20 cm besitzt. An dem Instrument sind alle Einrichtungen so getroffen, daß sowohl visuell als auch photographisch sämtliche Aufgaben der geographischen Orientierung mit einer Genauigkeit der einzelnen Bestimmung in Breite und Azimut von etwa $\pm 2''$, in Zeit und Länge von etwa $0^s.2$ gelöst werden können. Die Ausmessung der Platte geschieht direkt am Instrument mithilfe eines sogenannten Gaußschen Ausmeßfernrohrs und nach dem von Koppe bei seinen photographischen Arbeiten erfolgreich erprobten Verfahren (Abb. 17).

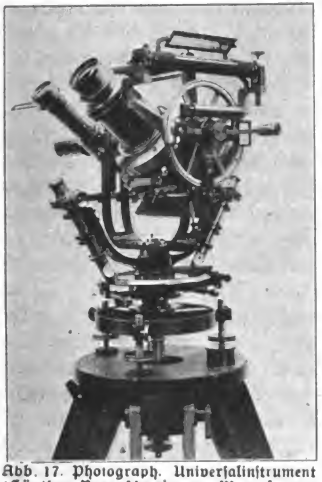


Abb. 17. Photograph. Universalinstrument (Günther-Braunschweig nach Marcuse) zur photographischen Ortsbestimmung am Lande.

Von den zeitmessenden Instrumenten oder Uhren kommen für den reisenden Geographen und den navigierenden Seemann nur Borchronometer und Taschenuhren in Frage, da die viel genaueren Pendeluhren einer festen Aufstellung bedürfen. Bei Auswahl derselben spielt die Hamburger Seewarte, ähnlich wie bei den Sextanten, mit die erste Rolle, da in ihrer

Digitized by Google

ausgezeichneten Uhrenprüfungsstelle Schiffs- und Halbchronometer untersucht und mit Gangtabellen versehen werden.

Die Uhr ist das wichtigste und unentbehrlichste Instrument zur Ausführung geographischer Ortsbestimmungen am Lande, auf See und in der Luft. Bei dem ziemlich komplizierten und empfindlichen Mechanismus bedürfen Box- und auch Taschenchronometer besonderer Schonung und, um der Gefahr des Versagens vorzubeugen, müssen eigentlich stets mehrere Zeitmesser auf längeren Fahrten mitgenommen werden.

Die Herstellung tragbarer Präzisionsuhren, deren Bedeutung für Ortsbestimmungen spanische Astronomen schon zu Beginn des 16. Jahrhunderts erkannten, wurde zunächst durch nautische Bedürfnisse veranlaßt, als es darauf ankam, die Länge des Schiffsortes auf See zu ermitteln. Erst 1730 gelang es dem englischen Mechaniker Harrison, einigermaßen zuverlässige, aber noch unvollkommen kompensierte Chronometer zu konstruieren, welche die Länge zur See bis auf 30′ oder in mittleren Breiten bis auf etwa 50 km zu bestimmen erlaubten. Aus der Tatsache, daß die modernen Chronometer die Länge des Schiffsortes bis auf 2′ oder linear in mittleren Breiten ungefähr 3,5 km genau zu ermitteln gestatten, erkennt man die gewaltigen Fortschritte, welche die Uhrentechnik seit 180 Jahren gemacht hat. Kurz nach Harrison verfertigte Le Roy ein für Temperaturänderungen kompensiertes Chronometer, wobei ihm die wichtige Entdeckung gelang, daß Spiralfedern von gewisser, experimentell zu ermittelnder Länge, unabhängig von der Schwingungsweite, Schwingungen von gleicher Zeitdauer ausführen, also isochron schwingen. Bereits 1772 konstruierte Arnold, welcher die für den Isochronismus vorteilhafte zylindrische Spiralfeder einführte, Schiffsuhren, die nach Beobachtungen des Erdumseglers Cook schon auf 12′ genau die Länge ergaben.

Im 19. Jahrhundert nahm dann die Chronometerfabrikation, unterstützt von den Marinen aller Staaten, einen immer regeren Aufschwung. Earnshaw erfand die für genaue Chronometer unerläßliche, sogenannte freie Hemmung, und Eiffe sowie andere vervollkommneten die Einrichtungen der Temperaturkompensation für transportable Uhren. So entstand allmählich das moderne Präzisionschronometer mit seinem aus vier Teilen bestehenden Mechanismus: Triebkraft, Räderwerk, Hemmung und Regulator.

Digitized by Google

Bei einem so komplizierten Mechanismus, wie das Chronometer es ist, können zahlreiche Ursachen zusammenwirken, um Veränderungen des Ganges herbeizuführen, der zur Erhöhung der Genauigkeit möglichst gleichmäßig sein soll. Daß besonders die Bordchronometer zur Vermeidung erheblicher Gangstörungen mit großer Vorsicht behandelt werden müssen, ist allgemein bekannt; sie sind vor thermischen, hygroskopischen, magnetischen und mechanischen Einflüssen nach Möglichkeit zu schützen. Deshalb hat man vielfach auf Landreisen gute Taschenuhren den Schiffschronometern vorgezogen, ohne daß die letzteren aber sozusagen als Normaluhren entbehrt werden können.

Zur Erleichterung und Verfeinerung solcher astronomischen Zeitmessungen, welche auf Durchgangsbeobachtungen von Gestirnen durch das Fadennetz beruhen, empfiehlt es sich, auch auf Expeditionen die elektrische Registriermethode anzuwenden, durch welche auf einem Chronographen die Uhr Sekunden, der Beobachter Signale für die Fadenantritte der Sterne markiert. Auf solche Weise wird der Gehörfehler eliminiert und die Genauigkeit der Durchgangsbeobachtung fast verdoppelt. Es gibt nun seit einiger Zeit besondere, mit elektrischen Registriervorrichtungen versehene Chronometer, unter denen die deutschen von Kittel, Bröcking, Knoblich, Dencker, Strasser und die schweizerischen von Nardin sowohl nach den Ausweisen der Seewartenprüfung wie auch nach anderen Erfahrungen Bemerkenswertes leisten. Jedenfalls sollte eine derartige Beobachtungsuhr, welcher noch eine besondere elektro-mechanische Arbeitsleistung auferlegt wird, nur für die Dauer mehrerer Stunden in Benutzung genommen und vor wie nach der Messungsreihe mit Normalchronometern verglichen werden.

An Bord der Schiffe gibt man den Chronometern eine besonders sichere und vorsichtige Aufstellung in einem gegen Feuchtigkeitsschwankungen ziemlich geschützten Schrank und man läßt sie zugleich, um den Einfluß der Schiffsbewegungen zu vermindern, in der sogenannten Cardanischen Aufhängung schwingen. Leider ist es bisher noch nicht gelungen, die für den regelmäßigen Gang der Uhr äußerst gefährlichen, durch das Stampfen bedingten vertikalen Stöße des Schiffes genügend zu kompensieren, eine dankbare Zukunftsaufgabe der Technik.

Am Schlusse dieser kurzen Besprechung der Instrumente für die geographische Ortsbestimmung sei noch erwähnt, daß es auch ohne astro-

Digitized by Google

nomische Instrumente, nur mit Hilfe einer Uhr sowie mit vertikalen Fäden, die an Stangen befestigt und mit Gewichten gespannt werden, also mit einfachen Hilfsmitteln, die jeder überall sich leicht herstellen kann, möglich ist, Uhrkorrektion, Breite, Azimut und Länge genähert zu ermitteln. Die hierbei zu erzielende Genauigkeit liegt nach neueren und maßgebenden Untersuchungen von Professor Harzer (Kiel) für Breite und Azimut innerhalb der Bogenminute und für Zeit und Länge innerhalb weniger Zeitsekunden. Schon vor 300 Jahren benutzte Tycho Brahe ein einfaches Lot, an dem er die gleichzeitige Verdeckung des Polarsterns und eines zweiten Sterns beobachtete, um auf diese Weise, sozusagen im Vertikal des Polarsterns, die Uhrkorrektion zu bestimmen. Der Gedanke, an Stelle des einen durch ein Gewicht vertikal gestellten Fadens, ein Fadendreieck aus einem geschlossenen, an zwei Punkten unterstützten und durch ein Gewicht gespannten Faden anzuwenden, um so eine vertikale Ebene zu erhalten, rührt von Professor Harzer her, ebenso die zweckmäßige und durchsichtige mathematische Behandlung der Probleme, welche zur geographischen Orientierung mittels Beobachtungen an einem so einfachen Gestell führen. Für Forschungsreisende, deren Instrumente nicht nur mancherlei Gefahren ausgesetzt sind, sondern gelegentlich vielleicht zu spät an den Beobachtungsort gelangen, kann diese Methode, ohne winkelmessende Instrumente brauchbare Orts- und Zeitbestimmungen zu erhalten, eine hohe praktische Bedeutung gewinnen.

Vierter Abschnitt.

„Unsere Zeit steht im Zeichen des Verkehrs."

Zeitdienst und Kalenderwesen.

Im folgenden sei nur ganz kurz auf die wichtigsten Gesichtspunkte, betreffend den astronomischen Zeitdienst und das Kalenderwesen, eingegangen, da dieses wichtige Thema in einer besonderen Veröffentlichung der Sammlung „Aus Natur und Geisteswelt" schon früher von W. F. Wislicenus behandelt worden ist.

Zum besseren Verständnis der Beziehungen der Astronomie zum Zeitdienst und Kalenderwesen seien zunächst einige Grundbegriffe erklärt. Eine zusammenhängende Reihe zeitlicher Vorstellungen, z. B. Aufgang, Kulmination, Untergang der Sonne nennt man eine Zeitfolge und jede einzelne Stelle dieser Zeitfolge stellt einen Zeit-

Digitized by Google

punkt dar, wobei Vorgänge, die auf denselben Zeitpunkt fallen, als gleichzeitig bezeichnet werden. Während ein Zeitraum den Abstand zweier Zeitpunkte angibt, ist die Zeit selbst eigentlich nichts objektives, vielmehr nur eine Denkfolge, nach der wir aufeinanderfolgende Ereignisse ordnen, ähnlich wie mit dem Begriffe des Raumes die Vorstellung vom Nebeneinander der Körper verbunden wird. Einzelne Punkte einer Zeitfolge stehen nun mehr oder weniger weit voneinander ab; so ist der Zeitraum vom Aufgang bis zum Untergang der Sonne doppelt so groß wie der Zeitraum von Sonnenaufgang bis zur Kulmination der Sonne, oder die Woche ist siebenmal so lang wie der Tag. Auf diese Weise haben wir die Möglichkeit, einen Zeitraum mit einem anderen zu vergleichen, wir können ihn bestimmen und messen. Auf dieses Messen kommt es in erster Linie an, wobei als Einheit oder Maß eine Größe gewählt wird, von der man sich eine deutliche Vorstellung machen kann.

Um eine passende Einheit zur Ausmessung der Zeit zu finden, muß man auf eine sogenannte gleichförmige Bewegung zurückgehen, bei der ein Körper in gleichen Zeiträumen gleiche Wege zurücklegt. Man schließt dann vom zurückgelegten Weg auf die dazu erforderliche Zeit und kann die zu einem bestimmten Wege gehörige Zeit als Maß für die übrige Zeit ansehen. Die menschliche Kunst hat uns Apparate gegeben, die eine nahezu gleichförmige Bewegung unterhalten können, nämlich die Uhren, von denen schon im ersten Abschnitt erwähnt wurde, daß sie einer ständigen Kontrolle durch astronomische Beobachtungen bedürfen.

Ein wirklich allgemein gültiges und gleichförmiges Zeitmaß liefert aber nicht die menschliche Kunst, sondern die Natur in der scheinbaren Umdrehung der Himmelskugel. Bei der Rotation unserer Erde von West nach Ost, deren Spiegelbild die Drehung der uns umgebenden Himmelskugel von Ost nach West ist, gehen die Sterne im Osten auf und im Westen unter. Diese Umdrehungsdauer unseres Planeten um seine Achse in 24 Stunden 0 Minuten und 0 Sekunden Sternzeit ist für alle praktischen Zwecke als durchaus konstant anzusehen. Aber die Erdumdrehung vollzieht sich nicht in einem Sonnentag, der zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen der Sonne durch denselben Meridian liegt und veränderlich ist, sondern in 24 Stunden Sternzeit, d. h. ausschließlich bestimmt durch die jedesmalige Wiederkehr der Lage desselben Erdhalbmessers zu demselben Stern am Himmel.

Digitized by Google

Daher wäre es am einfachsten, wie schon im zweiten Abschnitt erwähnt, wenn man die gesamte Zeiteinteilung nach Sternzeit regulieren würde; und das geschieht auch in der astronomischen Wissenschaft, wo die Beobachtungen am Himmel zumeist nach Sternzeituhren ausgeführt werden. Aber im praktischen Leben zwingt uns das Tagesgestirn, das uns Licht und Wärme gibt, die Zeit nach dem Stande der Sonne zu regulieren. Aus der scheinbaren Bewegung der Sonne, dem Spiegelbild der wirklichen Erdbewegung am Firmament, folgen die Tageszeiten. Ein wahrer Sonnentag ist das Intervall zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen oder Kulminationen der Sonne in demselben Meridian. So erhält man wahre Sonnenzeit, wobei der jeweilige Stundenwinkel der Sonne die wahre Sonnenzeit angibt. Infolge der jährlichen Erdbewegung um die Sonne wird die Rotationszeit der Erde scheinbar verzögert, und zwar täglich um 0,99.. Grad oder $3^m 56^s . 5$. Infolgedessen muß ein Sterntag um den entsprechenden Betrag kleiner sein als ein Sonnentag. Aber die einzelnen wahren Sonnentage haben auch nicht gleiche Länge, einmal weil die scheinbare Sonnenbewegung, in Wirklichkeit die Erdbewegung, im nördlichen Winter, wenn die Erde der Sonne am nächsten ist, schneller vor sich geht als im Sommer bei der Sonnenferne, dann auch weil die Rotationsachse der Erde nicht senkrecht zur Ebene der Erdbahn, sondern um etwa $67^1/_2$ Grad dazu geneigt steht. Infolgedessen kann die Erdbewegung nicht gleichförmig sein und die verschieden langen wahren Sonnentage können für die bequeme Zeiteinteilung nicht benutzt werden.

Man hat deshalb in der Astronomie zur Zeitrechnung eine fingierte Sonne angenommen, eine sogenannte mittlere Sonne, von der man voraussetzt, daß sie sich nicht in der Ebene der Ekliptik oder Erdbahnebene, sondern in der Äquatorebene mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegt und im Jahre genau so viele, aber untereinander völlig gleiche Umdrehungen wie die wahre Sonne vollzieht. Durch die Annahme einer solchen mittleren Sonne definiert man den mittleren Sonnentag als Intervall zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kulminationen der mittleren Sonne in demselben Meridian, die genau in je 24 Stunden, 0 Minuten, 0 Sekunden Zeit stattfinden; diese Tage haben gleiche Länge. Den Unterschied zwischen mittlerer und wahrer Zeit nennt man Zeitgleichung, die angibt, um wieviel die wahre Sonne der mittleren voraus- oder nachgeht und in den astronomischen Jahr-

Digitized by Google

büchern tabuliert ist. Viermal im Jahre geht die Zeitgleichung durch Null hindurch, außerdem erreicht sie jährlich vier Maxima, zwei negative und zwei positive, von denen diese gegenwärtig auf Mitte Februar und Ende Juli und jene auf Mitte Mai und Anfang November fallen.

Man hat es also bei astronomischen Orientierungen mit drei verschiedenen Zeiten zu tun: mit Sternzeit, mittlerer Zeit und wahrer Zeit. Die Uhren im bürgerlichen Leben und die meisten Chronometer gehen nach mittlerer Zeit; wahre Zeit wird nur von der Sonne angegeben (schattenwerfende Sonnenuhr), und nach Sternzeit sind die Uhren reguliert, die zumeist auf Sternwarten zu besonderen Beobachtungen Verwendung finden. Für die Verwandlung der Sternzeit, die aus Messungen der Fixsterne, der Planeten und des Mondes folgt, in mittlere Zeit gibt es ebenfalls Tabellen in den astronomischen Jahrbüchern.

Bei den Betrachtungen über den Zeitdienst muß auch im Anschluß an die Darlegungen des zweiten Abschnitts nochmals auf den Begriff der geographischen Länge zurückgekommen werden, die nichts weiter ist als der am Pol der Erde gebildete Winkel zwischen Ortsmeridian und einem bestimmten Anfangsmeridian, der willkürlich gewählt werden kann. Nach internationalem Abkommen, das fast alle Kulturstaaten angenommen haben, ist der Greenwicher Meridian als Nullmeridian gewählt worden. Berlin z. B. steht von Greenwich um $53^m 35^s$ östlich, und Ferro um $1^h 10^m 39^s$ westlich ab, während Paris von Greenwich um $9^m 21^s$ östlich absteht, Washington um $5^h 8^m 15^s$ westlich. Längendifferenzen gegen Greenwich sind identisch mit Unterschieden der Ortszeiten zwischen dem Nullmeridian und dem Ortsmeridian. Alle auf demselben Meridian liegenden Orte haben in demselben Augenblick dieselbe Ortszeit, und Orte, die auf verschiedenen Meridianen liegen, haben entsprechend verschiedene Ortszeiten.

Die Gestirne, die infolge der täglichen Bewegung der Erde scheinbar von Ost nach West an der Himmelskugel ihren Ort ändern, gelangen früher an die Meridiane östlich als an diejenigen westlich von Greenwich. Es muß deshalb für die Orte, die östlich von Greenwich liegen und wo die Sonne früher hinkommt, die Uhr in demselben Augenblick spätere Zeit zeigen als in Greenwich; die westlich von Greenwich gelegenen Orte müssen dagegen frühere Zeit haben als Greenwich.

Digitized by Google

Ferner muß man darauf achten, daß im bürgerlichen Leben der Tag um Mitternacht, in der astronomischen Zeiteinteilung aber um Mittag beginnt und von 0^h bis 24^h durchgezählt wird.

Noch einige Worte über den Zeitdienst, den die Sternwarten für das Binnenland durch Zeitsignale und für die Seeküsten durch Zeitbälle besorgen. Die Kontrolle der Uhren liegt, wie wir wissen, ganz und gar in den Händen der astronomischen Wissenschaft, weil nur mit Hilfe von Gestirnsbeobachtungen der Gang der Uhren überwacht werden kann.

Beobachtet man in einer sternklaren Nacht einen helleren Fixstern, wenn er hinter einem vertikalen terrestrischen Gegenstand verschwindet, nach der Uhr und wiederholt dieselbe Beobachtung in der darauf folgenden Nacht, so bekommt man schon eine rohe Zeitbestimmung für die Kontrolle der Uhr, da zwischen den beiden Beobachtungen ein Intervall von genau $24^h0^m0^s$ Sternzeit verflossen sein muß. Man erkennt aber sofort, daß diese Beobachtung nur sehr ungenau sein kann, da keine Gewähr für die Unveränderlichkeit der Absehenslinie gegeben ist. Die Astronomen verfahren deshalb anders, indem sie zur genauen Zeitbestimmung ein auf festem Fundament, genau im Meridian aufgestelltes Fernrohr, das sogenannte Meridianinstrument, benutzen. Man verwendet ferner zur Zeitbestimmung nur solche Sterne, deren Position am Himmel bis auf einige Hundertstel Zeitsekunden durch astronomische Messungen im Fundamentalkataloge festgelegt ist, und vergleicht die im Fernrohr beobachteten Durchgänge dieser Sterne durch den Meridian mit den im Katalog vorausberechneten. Der Unterschied zwischen dem berechne-

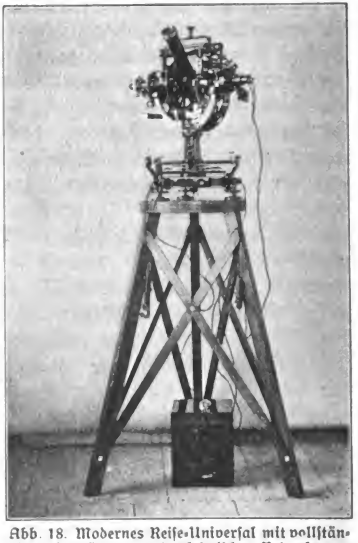


Abb. 18. Modernes Reise-Universal mit vollständiger Ausrüstung und elektrischer Beleuchtung.

Digitized by Google

ten Meridiandurchgang und dem wirklich beobachteten ergibt dann nach geringer Rechnung die Korrektion der Uhr oder die Anzahl Sekunden, um die eine Uhr gegen die richtige Zeit vor- oder nachgeht.

Jede Sternwarte besitzt nun eine sogenannte Normaluhr, die besonders sorgfältig im Keller gegen Temperaturschwankungen und in luftdichten Zylindern gegen Druckänderungen geschützt aufgestellt wird. Danach werden die Zeitsignale ausgeteilt, die den ganzen öffentlichen Verkehr, das Eisenbahn-, Post- und Telegraphenwesen regeln. Ebenso werden Signale nach den wichtigeren Hafenorten gegeben, um die dort aufgestellten Zeitbälle bis auf die Sekunde genau im Interesse der Schiffahrt fallen zu lassen.

Am Schlusse dieses Abschnitts sei noch einiges über die Zeitrechnung oder Chronologie mitgeteilt. Die Chronologie stellt ein interessantes Gebiet dar, das sowohl astronomischen wie historischen Charakter trägt, weil viele Zurückdatierungen bei den alten Völkern auf ganz bestimmten astronomischen Beobachtungen beruhen. Man versteht unter Chronologie die Lehre von der Zeiteinteilung durch Himmelsphänomene, zugleich die Lehre von den Formen, welche die Zeitmaße nach und nach im Kulturleben angenommen haben, und man unterscheidet dementsprechend zwischen astronomischer und historischer Chronologie.

Die astronomische Chronologie ist die Lehre von den mehr oder weniger regelmäßigen Himmelserscheinungen, die eine Grundlage zur Zeiteinteilung geben. Unter der historischen Chronologie versteht man die Lehre von den verschiedenen Formen, die die Zeitrechnung bei den einzelnen Kultur- und Naturvölkern angenommen hat.

Die astronomische Chronologie ist schon früher im ersten Abschnitt erwähnt und dabei sind als natürliche Zeiteinheiten der Tag, das Jahr und der Monat erkannt worden. Mit der Bewegung der Erde um die Sonne tritt unser Planet beim Durchlaufen des Tierkreises zu den vier Jahreszeiten in die vier sogenannten Hauptpunkte. Im Altertum hat man nun das scheinbare Eintreten der Sonne in eines der zwölf Zeichen des Tierkreises vielfach zur Datierung bestimmter historischer Momente benutzt. Es gibt jetzt Tafeln, sogenannte Zodiakaltafeln, die es ermöglichen, weit nach rückwärts Tag, Stunde und Minute für den Eintritt der Sonne in ein bestimmtes Zeichen des Tierkreises bis 4700 v. Chr. zu berechnen. Damit kann man noch jetzt die alten Berichte bis auf wenige Zeitminuten genau kontrollieren.

Digitized by Google

Noch wichtiger als die Sonne ist der Mond für alle chronologischen und kalendarischen Fragen. Wir kennen jetzt den sogenannten synodischen oder Kalendermonat, innerhalb dessen sich der Lichtwechsel des Mondes vollzieht, sehr genau. Seine Länge beträgt 29 Tage, 12 Stunden, 44 Minuten und 3 Sekunden. Bei den alten Kalendern lag die Hauptschwierigkeit darin, daß man den wirklichen Lauf des Mondes und den scheinbaren Lauf der Sonne nicht in Einklang miteinander bringen konnte. Diese beiden Himmelsbewegungen lassen sich aber durch einen bestimmten Schlüssel, den sogenannten Saroszyklus, in Beziehung bringen, der aussagt, daß 235 synodische Monate gleich 19 tropischen Jahren und 11 Tagen sind, wonach z. B. auch alle Finsternisse sich in je 19 Jahren 11 Tagen wiederholen müssen. Für die Chronologie war z. B. eine Datierung nach Mondphasen sehr wichtig, da im Altertum vielfach Angaben wie: „Die Schlacht hat zu der und der Mondphase stattgefunden", gemacht sind. Danach kann man jetzt mit Hilfe chronologischer Tafeln das richtige Datum ausrechnen.

Außer nach den Stellungen der Sonne und den Phasen des Mondes hat man bei den alten Völkern auch nach Sonnen- und Mondfinsternissen datiert, die im Altertum großen Eindruck machten. Mit Hilfe der astronomischen Tafeln kann man auch diese Datierungen auf Finsternisse sehr genau zurückrechnen.

Es gab noch eine vierte Datierungsart bei den Alten, die sich auf die täglichen Auf- und Untergänge der Gestirne bezieht. Es handelt sich dabei um folgende Fragen: Wann ist ein bestimmter Stern zum ersten Male in der Morgendämmerung sichtbar geworden oder wann geht ein bestimmtes Gestirn, z. B. die Plejaden, in der Abenddämmerung gerade unter? Alle diese Datierungen haben eine große Rolle gespielt, und auch dafür gibt es Tafeln, nach denen man die jährlichen Auf- und Untergänge der Gestirne bis 4000 Jahre zurückrechnen kann.

Noch wenige Worte über die historische Chronologie oder über die Formen, welche die Kalenderrechnung bei einigen Kulturvölkern im Altertum angenommen hat. Die z. B. von den Chinesen überlieferten Datierungen liegen sehr weit zurück, etwa bis 3000 v. Chr., und sind nach sogenannten Mond- und Sonnenjahren mit einem 60jährigen Zyklus gerechnet. Die Monate waren noch reine Mondmonate, die zwischen 29 und 30 Tagen angenommen wurden. Der Tag begann um Mitternacht und wurde nicht in 24 Stunden, sondern in zweimal 12 Stunden eingeteilt.

Digitized by Google

Die Inder z. B. haben teils nach Sonnen-, teils nach Sonnen- und Mondjahren gerechnet, jedes Jahr in 12 Monate und den Monat in 7 Wochen zu je 4 Tagen eingeteilt. Die Ägypter waren besonders berühmte Rechner; sie haben mit Sonnenjahren zu 12 Monaten mit je 30 Tagen gerechnet und zuerst Ergänzungstage geschaffen.

Die Griechen, die größten Theoretiker des Altertums, haben den Kalender auch nach Sonne und Mond eingeteilt. Sie nahmen 12 bzw. 13 Monate, den Monat in 3 Wochen zu je 10 Tagen eingeteilt. Die Tage fingen bei den Griechen mit Sonnenuntergang an.

Ohne auf weitere Einzelheiten im Kalenderwesen einzugehen, sei nur nochmals daran erinnert, daß bekanntlich schon im Altertum vor unserer Zeitrechnung die Unordnung im Kalenderwesen eine so große war, daß z. B. der römische Kalender, der noch einer der besten war, damals schon 67 Tage vom wahren Sonnenjahr abwich. Aus diesem Grunde reformierte Julius Cäsar 47 v. Chr. den Kalender mit Hilfe einer Kommission alexandrinischer Astronomen, die die Jahreslänge zu $365^1/_4$ Tagen annahm und nach je drei Jahren ein Schaltjahr einsetzte. Dieser julianische Kalender blieb 16 Jahrhunderte hindurch in Kraft und gilt noch jetzt bei Russen und Serben, obwohl er gegenwärtig schon über 13 Tage falsch ist.

1474 beauftragte Papst Sixtus IV. einen berühmten deutschen Astronomen, Regiomontanus, den julianischen Kalender, der damals um 11 Tage falsch war, zu reformieren. Regiomontan starb aber vor Fertigstellung seiner Kalenderarbeiten, und es dauerte weitere 100 Jahre, bis Gregor XIII. 1582 eine Kommission von deutschen, italienischen und spanischen Astronomen berief, um den julianischen Kalender wirklich zu reformieren. Man ließ 10 Tage ausfallen und setzte die Jahreslänge im gregorianischen Kalender zu 365 Tagen, 5 Stunden, 49 Minuten, 12 Sekunden an. Jedes Jahr, das durch 4 teilbar ist, wurde ein Schaltjahr, die Jahrhundertzahlen nur dann, wenn sie durch 400 teilbar sind (z. B. 2000). Dieser gregorianische Kalender genügt allen praktischen Bedürfnissen vollkommen, und es wäre zwecklos, ihn noch weiter zu reformieren, da er erst in 3000 Jahren um einen Tag falsch wird.

Für alle näheren Einzelheiten chronologischer und kalendarischer Art sei nochmals ausdrücklich auf das Buch von F. Wislicenus: Der Kalender (AuG Bd. 69) verwiesen.

Digitized by Google

Fünfter Abschnitt.

„Kommen dereinst wird ein spätes Jahrhundert, dem Oceanus löst die uralten Bande; schrankenlos stehet alsdann der Erdball." (Seneca.)

Beziehungen der Astronomie zur Geographie, Schiffahrt und Luftschiffahrt sowie zur Erdphysik, insbesondere zum Erdmagnetismus und zur Meteorologie.

Das gewaltige Ziel der Erschließung der Erdoberfläche, welches im Laufe der Jahrtausende menschlicher Kultur der Geographie und Schiffahrt gelang, wurde nicht zum wenigsten auch mit Hilfe der Astronomie erreicht, welche in unbekannten Ländern und auf dem Labyrinthe der Meere den Ariadnefaden bildet, mit dessen Hilfe man sich hinaus- und wieder zurückfinden kann. Wer nur den Himmel richtig zu fragen versteht, dem geben die Sterne auch Antwort. Und im Anblick des sternenfunkelnden Himmelsgewölbes, beim milden Schimmer des Mondes und im Farbenglanz der Sonne findet man nicht nur ein reines Gefühl für Naturschönheit, sondern zugleich Mittel und Wege, um aus den Stellungen jener Himmelskörper alle für unsere Orientierung auf der Erde notwendigen Daten herzuleiten. Diese wichtigen praktischen Dienste, welche die Astronomie der Geographie, Schiffahrt und Luftschiffahrt leistet, sind in den voraufgehenden vier Abschnitten ausführlich geschildert worden. Nur auf zwei neue und wichtige Gebiete geographischer und aeronautischer Anwendung der Astronomie sei an dieser Stelle noch näher eingegangen, die weitere Darlegungen verdienen. Es ist dies einmal das Problem der Erdachsenschwankung im geographischen und das Gebiet der Luftnavigation im aeronautischen Interesse.

Erdachsenschwankung.

Die in den Polen der Äquatorebene endigende Rotationsachse der Erde erfährt außer den Präzessions- und Nutationsbewegungen im Raume noch kleine periodische Schwankungen innerhalb des Erdkörpers, welche ganz kurz erörtert werden sollen. Durch solche, erst in den letzten Jahrzehnten entdeckte Lagenänderungen der Erdachse im Erdkörper selbst werden Breiten und Längen der Beobachtungsorte[1]),

1) Auch die Azimute der Beobachtungsorte oder ihre horizontalen Abstände von der Mittagslinie erfahren entsprechende kleine Änderungen,

Digitized by Google

also die Deklinationen und Kulminationszensionen der jeweiligen Scheitelpunkte innerhalb enger Grenzen, bis zu Beträgen von 0″.6 periodisch geändert.

Die Rotation unseres Planeten vollzieht sich um eine Umdrehungsachse, welche im allgemeinen mit der Hauptachse der größten Trägheitsmomente zusammenfällt. Denkt man sich diese durch den Schwerpunkt des Erdkörpers gehende Linie über die Erdoberfläche bis zur Himmelssphäre verlängert und für einen beliebigen Ort die durch ein Niveau im Meridian gegebene Horizontale tangential am Beobachtungsorte gezogen, so ist der Winkel zwischen diesen beiden Richtungen, wie im zweiten Abschnitt näher erörtert wurde, identisch mit der Ortsbreite welche bekanntlich auch als Deklination des Ortsscheitelpunktes definiert werden kann.

Man bestimmt nun die Breite oder Polhöhe eines Ortes allgemein so, daß die Richtung nach dem Zenit (Vertikale) festgelegt und der Abstand geeigneter, in Deklination genau bestimmter Gestirne vom Zenit aus gemessen wird. Daher setzt sich die Kenntnis der geographischen Breite aus drei Elementen zusammen: Richtung der Lotlinie am Beobachtungsorte, Position der zur Messung benutzten Sterne in Deklination und Lage der Umdrehungsachse im Erdkörper.

Schon Euler zeigte Mitte des 18. Jahrhunderts in seiner „Theorie der Drehung fester Körper um eine bewegliche Achse", daß Verschiebungen der geographischen Pole auf der Erdoberfläche eintreten müssen, wenn die Rotationsachse nicht immer genau mit einer der Hauptträgheitsachsen unseres Planeten zusammenfällt. Alsdann beschreibt nämlich der Pol der Rotationsachse um denjenigen der Trägheitsachse eine nach Euler in zehn Monaten, aber, wie wir jetzt aus genaueren Untersuchungen von Chandler und Newcomb wissen, in etwa 14 Monaten ablaufende etwa kreisförmige Bewegung, die sogenannte Eulersche Periode mit minimalem Ausschlage unter 0″.1. Auch Bessel hielt vor etwa 75 Jahren, im Anschluß an seine klassischen astronomisch-geodätischen Arbeiten, Schwankungen der Erdachse im Erdkörper für äußerst wahrscheinlich, ohne indes beim damaligen Stande astronomischer Technik diese wissenschaftliche Ahnung zahlenmäßig begründen zu können. Erst vor etwa 40 Jahren gelang es auf der russischen Sternwarte Pulkowa dem Astronomen Nyrén aus genauen fortlaufenden Höhenmessungen des Polarsterns mehr

da infolge der Polbewegung auf der Erde die Lage der Meridiane sich ebenfalls verschiebt.

Digitized by Google

oder weniger deutliche Spuren dieser Eulerschen Polbewegung zu finden. Kurz darauf wies der englische Physiker W. Thomson (später Lord Kelvin) theoretisch nach, daß neben jener nach Euler zehnmonatlichen, in Wirklichkeit vierzehnmonatlichen Bewegung des Rotationspols um den Trägheitspol letzterer selbst durch Veränderungen in der Atmosphäre, Hydrosphäre und Lithosphäre der Erde jährliche Bewegungen erfahren müsse, welche im Verein mit den zehn- oder richtiger vierzehnmonatlichen ziemlich komplizierte Gesamtschwankungen der Erdachse mit fast zehnmal so großen Ausschlägen wie die Eulersche Periode hervorrufen dürften.

Die verfeinerte astronomische Beobachtungskunst hat diese theoretische Annahme glänzend bestätigt, denn schon 1888 konnte Küstner auf der Berliner Sternwarte eine Polhöhenänderung von mehreren Zehntel Bogensekunden erweisen. Alsdann erfolgte durch die von der Internationalen Erdmessung von 1889 bis 1891 eingesetzte Kooperation der Sternwarten in Berlin, Potsdam, Prag und Straßburg der sichere Nachweis von periodischen, etwa jahreszeitlichen Veränderungen der Polhöhen genannter Orte. Der Ausschlag dieser Periode, deren Maxima damals etwa im Herbst, deren Minima ungefähr im Frühling stattfanden, betrug auf allen Stationen rund eine halbe Bogensekunde, oder in linearem Maße auf der Erdoberfläche etwa 16 m.

Für eine derartige periodische Veränderlichkeit der Polhöhen konnten, entsprechend den bei Breitenbestimmungen maßgebenden und oben erwähnten Faktoren drei verschiedene Ursachen a priori geltend gemacht werden. Es waren dies Schwerkraftsänderungen, welche die Lotrichtung beeinflußt hätten, unbekannte Nutationsbewegungen der Erdachse im Raume, welche die Deklinationen der beobachteten Sterne geändert haben würden, und endlich Schwankungen der Umdrehungsachse im Erdkörper selbst, wodurch die geographischen Positionen von Nord- und Südpol auf unserem Planeten veränderlich werden. Die zuletzt erwähnte Ursache war schon aus theoretischen Betrachtungen die wahrscheinlichste; außerdem gelang der wichtige mathematische Nachweis, daß bei geringer, aber periodischer Bewegung des Trägheitspols durch Massenverschiebungen auf der Erde der Rotationspol um den ersteren eine spiralförmige Kurve beschreiben muß, die sich allmählich bis zum Siebenfachen des Anfangsausschlages erweitern und entsprechend verengen kann.

Um aber auch auf experimentellem Wege die Frage nach der wah-

Digitized by Google

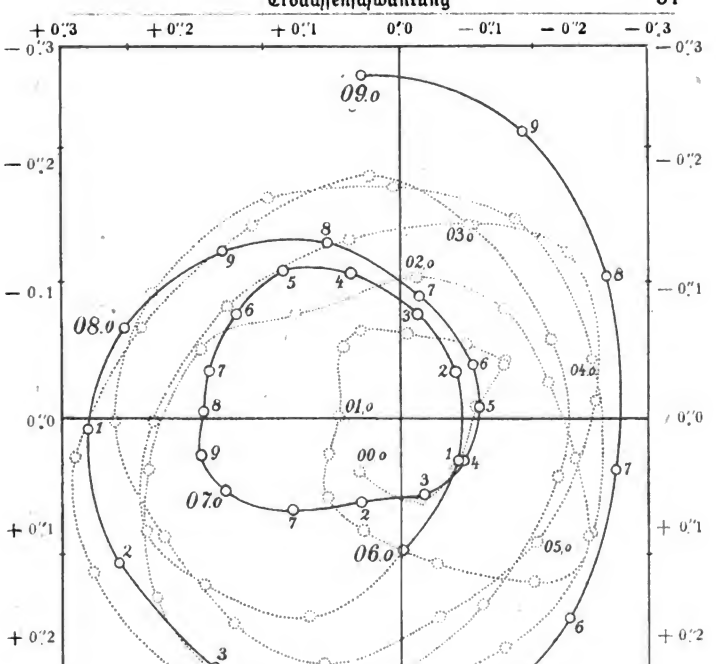


Abb. 19. Bahn des Nordpoles der Erdachse von 1900 bis 1909 auf Grund des Internationalen Breitendienstes.

ren Ursache jener für die gesamten astronomisch-geodätischen Messungen so bedeutsamen Polhöhenänderungen zu entscheiden, wurde von der Internationalen Erdmessung im April 1891 eine Expedition nach dem ungefähr auf dem Gegenmeridian von Berlin (Längendifferenz $= 11^h.4$) gelegenen Honolulu (Hawaiische Inseln) unter Leitung des Verfassers ausgesandt. Die zu Honolulu in Kooperation mit Berlin, Prag und Straßburg 1891—1892 ausgeführten Polhöhenmessungen

Digitized by Google

ergaben, daß die Breitenänderungen der Südseestation genau entgegengesetzt den gleichzeitig auf den deutschen Sternwarten wahrgenommenen verliefen. Dadurch wurde erwiesen, daß die zwischen Meridian und Gegenmeridian liegende Erdachse ihre Lage im Erdkörper ändert. Infolge dieser, inzwischen auf zahlreichen anderen Stationen konstatierten Erdachsenschwankungen bewegen sich die geographischen Pole auf der Erdoberfläche nach allen Richtungen in unregelmäßigen Kurven, deren Perioden und Amplituden sich nicht vorausberechnen, sondern nur aus fortlaufenden Messungen an verschiedenen, zweckmäßig über die Erde verteilten Stationen ermitteln lassen. Abb. 19 veranschaulicht die Bewegung des Nordpols der Erdachse in den Jahren 1900—1909 auf Grund eines großen Materials von korrespondierenden Breitenbeobachtungen.

Seit etwa 16 Jahren ist von der Internationalen Erdmessung ein permanenter Polhöhendienst auf vier Stationen unter gleicher Breite ($\varphi = +39^{0}8'$) und in Länge nahezu gleichmäßig über die Erde verteilt (Sardinien, Ostküste und Westküste von Nordamerika, Japan) eingerichtet worden, welche fortlaufend Beobachtungsmaterial zur Ableitung der Erdachsenschwankungen liefern und durch zwei, auf nationalem Wege erhaltene, auf demselben Parallelkreise liegende Kontrollstationen, Cincinnati in Nordamerika und Tschardafui im asiatischen Rußland, verstärkt wurden.

An diese wichtige Frage der Erdachsenschwankung knüpften sich unmittelbar zwei interessante wissenschaftliche Probleme. Einmal: wodurch werden solche Polschwankungen auf dem Erdkörper veranlaßt? und zweitens: Kann man die für feinere geographische Messungen so wichtigen Lagenänderungen der Erdachse etwa vorausberechnen?

Nach maßgebenden Untersuchungen darf als sicher angenommen werden, daß wechselnde Belastungen des Erdkörpers, bedingt durch meteorologische und hydrologische Vorgänge in der gasförmigen und flüssigen Hülle der Erde, in erster Linie diese Schwankungen der Rotationsachse unseres Planeten und die daraus in vergrößertem Maßstabe resultierenden Änderungen der geographischen Koordinaten der Erdorte mit sich bringen. Allein die durch barometrische Maxima und Minima bedingte, mit den Jahreszeiten wechselnde Luftdruckverteilung über den Kontinenten und Meeren der Erde reicht nach genaueren Berechnungen völlig aus, um z. B. Breitenschwankungen bis zu 0,6 Bogensekunden oder etwa 16 m linear auf der Erdoberfläche zu erklären.

Digitized by Google

Abb. 20. Beobachtungsstation der Expedition der Internationalen Erdmessung (Marcuse) auf den Hawaiischen Inseln zum Studium der Erdachsenschwankungen.

Die zweite Frage nach einer etwaigen Vorausberechnung der Erdachsenschwankungen kann bisher nur im negativen Sinne entschieden werden, und es bleibt notwendig, diese Schwankungen vorläufig auf Grund des bestehenden internationalen Breitendienstes weiter fortlaufend experimentell festzustellen.

Wir kommen nunmehr zu dem zweiten wichtigen Gebiete der Anwendung astronomischer Wissenschaft, das sich auf die Luftschiffahrt bezieht und die Navigation in der Luft betrifft.[1])

Luftnavigation.

Bei der wahrhaft großartigen Entwicklung der Luftschiffahrt ist die aeronautische Ortsbestimmung eine der wichtigsten Aufgaben geworden, ähnlich wie für die moderne Seeschiffahrt die Kunst der richtigen Navigierung. Nicht mit Unrecht hat man als Mutterwissen-

1) Die folgenden Darlegungen schließen sich an die eingehenderen Veröffentlichungen des Verfassers an: Astronomische Ortsbestimmung im Ballon, Berlin 1909, Verlag G. Reimer und Navigation in der Luft, Frankfurt a. M. 1910, Denkschrift der „Ila", Verlag J. Springer-Berlin.

Digitized by Google

schaft der Schiffahrt die Astronomie bezeichnet; aber für die Luftschiffahrt, den jüngsten und stolzesten Zweig menschlicher Technik, schien die Himmelskunde bis vor kurzem nur stiefmütterliche Gefühle zu haben, wie auch in der Aeronautik selbst eine astronomische Ortsbestimmung im Ballon noch bis vor wenigen Jahren für nebensächlich galt. Jetzt aber liegen die Verhältnisse anders, seit Hoch-, Weit- und Dauerfahrten im Freiballon über Wolken, Nebel und während der Nacht stattfinden, seit lange Fahrten im lenkbaren Luftschiff für strategische Zwecke über Land und Meer ausgeführt, sogar in Form aeronautischer Forschungsreisen nach fernen Erdregionen geplant werden. Nunmehr muß im Interesse der Sicherheit und Weiterentwicklung der Luftschiffahrt unbedingt gefordert werden, daß jeder Ballonführer außer mit der technischen Handhabung des Luftschiffes auch mit der vollständigen astronomisch-geographischen Orientierung des Ballons vertraut ist, ebenso wie es niemandem einfallen würde, sich einem Schiffe ohne astronomische Navigation anzuvertrauen.

Sehen wir zu, ob die Astronomie als Mutterwissenschaft leistet, was die Luftschiffahrt verlangt. Eine Ballonfahrt mit Anblick der festen Erdoberfläche gleicht der Schiffahrt in Sicht der Küste, wo einfache, alsbald noch zu erörternde Orientierungen nach guten Karten mit gelegentlichen Peilungen auf kartographisch festgelegte Objekte genügen. Ist aber, wie so häufig, die Erdoberfläche für den Beobachter in der Gondel durch Wolken, Nebel oder Dunkelheit verdeckt, oder befindet sich der Ballon über dem Meere, so bleibt dem Luftschiffer ebenso wie dem Schiffsführer auf hoher See nichts weiter übrig, als sich mit Hilfe von Gestirnsmessungen astronomisch zu orientieren. Derartige astronomische Positionsbestimmungen in beliebiger Höhe über der Erdoberfläche, auf welche gleichfalls noch eingegangen werden soll, sind nicht nur zur Entscheidung über eine etwaige Landung ohne unnütze Opfer an Gas und Ballast geboten, sondern sie dienen vor allem auch zur wichtigen Bestimmung der Fahrtrichtung im Freiballon, deren Festlegung auch mit dem Kompaß versagt, sobald die Orientierung nach unten aufhört. Denn nur in dem Falle, daß das ausgeworfene Schleppseil den Boden oder das Wasser berührt und dadurch die fortwährende Drehung des Freiballons um seine Längsachse aufhört, stellt sich die Gondel mit konstanter Vorwärtsrichtung ein, so daß alsdann der Kompaß auch ohne Orientierung nach unten die Fahrtrich-

Digitized by Google

tung angibt. In mancher Hinsicht ähnlich liegt die Sache bei unsichtiger Erdoberfläche auch für den Motorballon, der zwar stets mit bekannter Vorwärtsrichtung nach dem möglichst genau für Deviationsfehler kompensierten Kompaß gesteuert werden kann, dessen Windabtrift oder Versetzung aber bei fehlender Orientierung nach unten nicht mit Sicherheit zu bestimmen ist, wenn nicht eine astronomische Ortsbestimmung helfend eintritt und die wahre Fahrtrichtung sowie die Distanz gegen den Aufstiegsort festlegt. In diesem Falle ergibt sich unzweideutig die Resultante der Bewegung des Luftschiffes, und aus ihr in Verbindung mit der durch die Motorkraft gegebenen einen Bewegungskomponente läßt sich auch die andere Komponente, nämlich die jeweilige Windwirkung, herleiten.

Es bleibt endlich in diesem einleitenden Überblick noch der letzte Fall zu betrachten übrig, daß weder die Erdoberfläche noch der Himmel sichtbar sind, daß also das Luftfahrzeug in einer nach unten wie oben undurchsichtigen Atmosphäre sich bewegt, ein Fall, der nicht so selten vorkommt. Alsdann kann man den Ballon, wenigstens in Richtung der geographischen Breite, orientieren und vermag durch besondere erdmagnetische Messungen in der Gondel festzustellen, ob und mit welcher Geschwindigkeit das Luftfahrzeug ungefähr nach Norden oder Süden sich bewegt. Diese im Notfalle mitten in Wolken oder Nebel anzuwendende magnetische Ortsbestimmung, über deren neueste Durchführung gleichfalls noch Näheres mitgeteilt werden soll, kann besonders in Deutschland sehr wichtig werden, um für Luftfahrten in nördlicher Richtung, auch bei ganz undurchsichtiger Atmosphäre, rechtzeitig eine Annäherung an die Küste der Nord- oder Ostsee zu merken.

Wir haben somit als Schlußresultat unserer bisherigen Überlegung im Luftfahrzeug drei Arten von Orientierungen, die kartographische, die astronomische und die magnetische, oder wir können in der Aeronautik von einer terrestrischen, einer astronomischen und einer magnetischen Navigation sprechen.

Die kartographische oder terrestrische Aeronavigation kann unter normalen Verhältnissen für die einfachste gelten, wenn auch diese besondere Art von „Ballongeographie" an Auge und Auffassung des Beobachters im Korbe recht erhebliche und meist erst durch lange Übung erfüllbare Anforderungen stellt. Sie beschränkt sich im Freiballon auf die Ortsbestimmung nach guten Übersichts- und Spezialkarten, wobei die Fahrtrichtung durch Einzeichnen von Anfang an

Digitized by Google

festgelegt und die Geschwindigkeit durch Absteckung der durchflogenen Distanz auf der Karte mit Beobachtung der Uhrzeiten möglichst genau ermittelt werden muß. Daß der Ballonführer im Unterschiede zum Seemann — abgesehen von dem modernen Unterseeboot — hierbei auch auf die Bewegung seines Fahrzeuges in der Vertikalen genau zu achten hat, ist eine selbstverständliche Forderung. Für die Führung von Luftschiffen kommt es bei der terrestrischen Navigation in erster Linie auf das Fahren nach Landmarken an, da man bei sichtbarer Erde ein gegebenes Ziel, allerdings stets auch mit Berücksichtigung der jeweiligen meteorologischen Verhältnisse, am einfachsten erreicht, wenn man nach der Karte den vom Winde beeinflußten Kurs regelt.

Wir gehen nunmehr zur Besprechung der astronomischen Aeronavigation über, die bei sichtbaren Gestirnen zur Ortsbestimmung des Luftfahrzeuges anzuwenden ist, wenn die Orientierung nach unten versagt. Um zunächst das praktische Resultat vorwegzunehmen, sei erwähnt, daß eine vollständige astronomische Ortsbestimmung des Ballons in Breite und Länge sowohl am Tage als auch in der Nacht mit einem Gesamtarbeitsaufwand von ungefähr 5 Zeitminuten und mit einem mittleren Fehler von etwa 6 Bogenminuten gleich rund 10 km Genauigkeit geleistet werden kann.

Nachts genügen Höhenmessungen an zwei hellen Fixsternen, gelegentlich auch am Monde und an den großen Planeten (Venus, Mars, Jupiter und Saturn) mit dem im Ballon erprobten Libellenquadranten (Beobachtungsfehler etwa 4 Bogenminuten) und nach einer zuverlässigen Taschenuhr, die während 24 Stunden mitteleuropäische Zeit oder auch Greenwicher Zeit (M. E. Z. — 1^h) bis auf mindestens 6 Sekunden festhält, eine von jeder leidlichen Ankeruhr erfüllbare Forderung.

Am Tage reichen, falls außer der Sonne gelegentlich noch der Mond sichtbar sein sollte oder etwa in der Dämmerung Mond und Venus zu sehen sind, gleichfalls Höhenmessungen an diesen Gestirnen aus. Im allgemeinen wird jedoch am Tage als einziges Gestirn nur die Sonne zur Verfügung stehen, so daß Höhenmessungen allein, je nach der Stellung der Sonne nahe dem Meridian oder dem Ost-West-Vertikal im allgemeinen entweder nur die Breite oder nur die Länge des Ballonortes ergeben. Die zur Auswertung aller dieser Beobachtungen nötigen Rechnungen werden in der Gondel selbst während der Fahrt auf besonderen Rechnungsschematen ausgeführt, damit die Ortsbestimmung dem Ballonführer auch sofort von Nutzen ist. Hierbei kommt

Digitized by Google

es in erster Linie nur auf eine möglichst schnelle und sichere Herleitung des genäherten Ballonortes ungefähr bis auf höchstens $^1/_{10}{}^0$ oder 6 Bogenminuten gleich rund 10 km an. Es wäre sogar im Interesse der technischen Ballonführung ganz unzweckmäßig, wollte man etwa diese für die Aeronavigation zunächst ausreichende Genauigkeit auf Kosten der Beobachtungs- und Rechnungseinfachheit noch erhöhen.

Was die eigentliche Herleitung des Ballonortes in geographischer Breite und Länge aus den astronomischen Gestirnsmessungen betrifft, so sind im großen und ganzen zwei verschiedene Wege gangbar, einmal eine direkte und getrennte rechnerische Auswertung von Breite und Länge (in diesem Falle Unterschied der vom Stundenwinkel des Gestirns entnommenen Ortszeit gegen die an der Uhr mitgenommene Greenwicher Zeit). Zweitens im Anschluß an das Verfahren der Nautik eine graphische Herleitung von Standlinien (Eintragung von Linien gleicher Gestirnshöhen in die Mercatorkarte usw.), deren Schnittpunkt den gesuchten Ballonort gibt. In neuester Zeit sind beide Methoden für ihre aeronautische Anwendung durch besondere graphische Hilfsmittel erheblich vereinfacht worden. Sowohl spezielle Nomogramme als auch einfache Standlinienapparate sind jetzt vorhanden, um die schnelle und möglichst sichere Auswertung von astronomischen Ortsbestimmungen im Luftfahrzeug zu ermöglichen.

Nunmehr kommen wir zur Besprechung des dritten und letzten Abschnittes, nämlich der magnetischen Aeronavigation, die bei einer nach oben wie unten versagenden Orientierung, also ganz im Nebel oder in Wolken, zur Ortsbestimmung im Luftfahrzeug angewendet werden kann. Schon vor etwa zehn Jahren schlug Professor Eschenhagen in Potsdam vor, falls von der Gondel weder Gestirnsbeobachtungen noch Landmarkenpeilungen möglich sind, den Ballon wenigstens in Breite genähert zu orientieren durch Messung der erdmagnetischen Horizontalintensität in der Gondel und durch Vergleichung der hierfür gefundenen Zahlenwerte mit den bekannten, an der Erdoberfläche geltenden magnetischen Kraftlinien. Diese Linien gleicher magnetischer Intensität (Isodynamen) laufen nämlich, besonders über Mitteleuropa, ungefähr parallel den Breitenkreisen, so daß eine auch in Wolken oder Nebel mögliche magnetische Orientierung über die Nord-Süd-Bewegung des Ballons nach Richtung und Größe Aufschluß zu geben vermag. Eschenhagen hatte zu diesen Messungen ein magnetisches Ballon-Intensitätsvariometer mit zwei

Digitized by Google

zueinander senkrechten Deklinationsnadelsystemen vorgeschlagen, das später noch von Professor Ebert in München verbessert wurde, aber noch nicht zu befriedigenden Messungsergebnissen führte. Erst in neuester Zeit ist es Professor Bidlingmaier-Wilhelmshaven gelungen, derartige Messungen mit Erfolg im Ballon durch Anwendung eines ausgezeichneten Doppelkompasses auszuführen.

Es lag nun die Idee nahe, ob es nicht zweckmäßig sein würde, statt der magnetischen Horizontalintensität die gleichfalls mit den Breitengraden variierende magnetische Inklination zu messen.

Besonders in Deutschland verlaufen die Linien gleicher magnetischer Inklination (Isoklinen) fast genau parallel einer durch die Nord- und Ostseeküsten gelegten Küstenlinie, ferner nehmen die Werte der Inklination mit wachsender Breite zu, mit fallender Breite ab, und endlich liegen die auf eine Übersichtskarte von Deutschland eingetragenen Isoklinen nahezu parallel, sowie äquidistant zueinander. Wenn es also gelingt, schnell und sicher in der Gondel den jeweiligen Betrag der magnetischen Inklination (für Süddeutschland jetzt etwa $63^0.5$, für Schleswig ungefähr $68^0.5$, entsprechend einer Breitenänderung von 48^0—55^0) zu messen, und zwar zunächst nur differentiell gegen den Aufstiegsort, so kann die Nord-Südverschiebung des Ballons gegen jenen Aufstiegsort fast ohne Rechnung nach Richtung und Größe unmittelbar beobachtet werden. Das ist jetzt nach Arbeiten des Verfassers mit dem Ballon-Inklinatorium möglich, nicht nur im Freiballon, sondern auch in der Mittelgondel des starren Luftschiffs. Ändern sich die beobachteten Werte der magnetischen Inklination nicht, so bewegt sich das Luftfahrzeug nahezu in ost-westlicher Richtung oder genauer auf der entsprechenden, von West-Süd-West nach Ost-Nord-Ost verlaufenden Isokline; nimmt die in der Gondel beobachtete Inklination zu, so fährt der Ballon in nördlicher, nimmt sie ab, so fährt er in südlicher Richtung, um Beträge, die in einfachster Beziehung zu den Inklinationsänderungen stehen und unmittelbar auf einer Isoklinenkarte abgelesen werden können. Hierbei sei gleich erwähnt, daß nach der Theorie kein merklicher Unterschied besteht zwischen dem Verhalten der magnetischen Linien an der Erdoberfläche und in Höhen der Atmosphäre, bis zu denen bemannte Ballons gelangen.

Schließlich sei noch erwähnt, daß im Flugzeug, wo in der Regel die Benutzung astronomischer Instrumente und die etwaige Berechnung von Ortsbestimmungen ausgeschlossen ist, bei unsichtiger Erde und ver-

Digitized by Google

sagendem Kompaß nur ein ganz allgemeine und rohe astronomische Orientierung nach den Gestirnen ohne Instrumente angebracht ist. Dazu dient am Tage die Sonne, nachts der Polarstern, der Mond und eine Anzahl ganz heller Fixsterne, manchmal auch einer der großen Planeten.

Wenn man am Tage eine gewöhnliche Taschenuhr so hält, daß der Stundenzeiger nach der Sonne gerichtet ist, so liegt die astronomisch-geographische Südrichtung (Kulmination der Sonne) in der Mitte zwischen dem Stundenzeiger und der 12 am Zifferblatt der Uhr. Hierbei muß man vormittags im Sinne der Uhrzeigerbewegung und nachmittags im entgegengesetzten Sinne am Zifferblatt herumgehen.

Nachts dient der Polarstern als Nordmarke und der Mond unter Berücksichtigung des Kalenders (Aufgang [Ost], Untergang [West], Meridiandurchgang [Süd] nach dem nautischen Jahrbuche) als schnell beweglicher Richtungszeiger. Endlich lassen sich einige besonders helle Fixsterne, deren Kulminationsdaten (Durchgänge durch die Südrichtung) man notiert hat, als deutliche Marken zum Erkennen der Süd-nordrichtung benutzen.

Neuerdings verwendet man mit Erfolg auch die funkentelegraphische Ortsbestimmung mit Signalen von bestimmten Erdstationen aus.

Erdmagnetismus.

Die soeben durchgeführten Betrachtungen über magnetische Balloninstrumente leiten unmittelbar zur Erörterung der Beziehungen zwischen Astronomie und Erdphysik, speziell Erdmagnetismus über. An dieser Stelle sollen nicht etwa die Grundlehren des Erdmagnetismus gegeben werden, vielmehr soll nur auf die interessanten Beziehungen hingewiesen werden, die zwischen dieser terrestrischen Kraft und gewissen kosmischen Kräften obwalten.

Die erdmagnetischen Elemente (magnetische Deklination, Inklination und Intensität), durch Richtung und Größe jener der Erde innewohnenden Kraft bestimmt, zeigen regelmäßige, periodisch hin und her gehende Änderungen sowie unregelmäßige, schnell kommende und verschwindende Störungen. Für dieses ruhelose, ewig wechselnde Verhalten des Erdmagnetismus kommen drei Ursachen in Betracht: erstens Zustandsänderungen auf der Sonne, die der direkten Wahrnehmung durch das Auftreten von Flecken und Protuberanzen (Wasserstofferuptionen) auf der Oberfläche unseres Zentralkörpers zugänglich werden, zweitens die unseren Planeten ständig umkreisenden elektri-

Digitized by Google

schen Erdströme, die der Untersuchung besonders im Bereiche großer Telegraphenlinien sich offenbaren, und drittens die elektrischen Entladungen in der Erdatmosphäre, die als akute in Form von Gewittern und als chronische in Gestalt der Polarlichter auftreten.

Sonneneruptionen, Erdströme und Luftelektrizität, drei scheinbar ganz verschiedene Kraftwirkungen, sind durch ein einziges großes kosmisches Band miteinander verbunden, nämlich durch die elektromagnetische Fernwirkung der Sonne.

Nachdem Mitte des vorigen Jahrhunderts zuerst von Schwabe aus vierzigjährigen Sonnenbeobachtungen eine elfjährige Periode für die Häufigkeit der Sonnenflecken festgestellt war, gelang Sabine die interessante Entdeckung, daß die Perioden der erdmagnetischen Änderungen mit jener Frequenzzahl der Sonnenflecken auf das engste zusammenhängen. Diese außerordentlich wichtige Verknüpfung terrestrischer und kosmischer Vorgänge ist nunmehr auf Grund von über hundertjährigen systematischen und sorgfältigen Beobachtungen der Sonnenflecken und der erdmagnetischen Störungen ganz sichergestellt. So schließen sich z. B. die täglichen Schwankungen der Magnetnadel so genau der Häufigkeit der Sonnenflecken an, daß sich aus der Fleckenzahl eines Jahres die mittlere Größe der täglichen Deklinationsschwankung berechnen läßt.

Das ist in der Tat eine höchst merkwürdige Beziehung zwischen der Tätigkeit unseres Zentralgestirns und den magnetischen Erscheinungen auf der Erde, eine Art drahtloser Telegraphie von der Sonne durch den Weltenraum. Wie kommt nun dieses Band, welches unseren Planeten mit der Sonne ganz unabhängig von der allgemeinen Massenanziehung auf scheinbar geheimnisvolle Weise verbindet, zustande?

Abb. 21. Sonnenkorona und Wasserstoff-Protuberanzen bei Gelegenheit einer totalen Sonnenfinsternis.

Digitized by Google

Die in unserer Atmosphäre als chronische Entladungen der Elektrizität auftretenden Polarlichter haben im großen und ganzen dieselben Perioden wie die Sonnenflecken und die erdmagnetischen Störungen. Die Polarlichter erreichen, genau wie die magnetischen Störungen, ihre Maxima und Minima zu den Zeiten der größten und kleinsten Fleckentätigkeit auf der Sonne. Sie bilden daher, in ihrer Lichtentwicklung mit der wechselnden Aktivität auf der Sonne zusammenhängend, gleichsam eine Brücke zwischen jenen kosmischen Vorgängen und den durch sie veranlaßten magnetischen Störungen auf der Erde. Diese wunderbare Korrespondenz zwischen unserem Zentralgestirn und den terrestrischen Vorgängen elektromagnetischer Art geht sogar noch viel weiter. Selbst auf die etwa 26tägige Rotationsdauer der Sonne kann man aus dem Gange der Magnetnadel und aus der Frequenzperiode der Nordlichter schließen, wie sich besonders aus den Beobachtungen auf den Polarstationen deutlich zeigte. Endlich zeigen auch die akuten Entladungen der Luftelektrizität, die unregelmäßig in Form von Gewittern auftreten, eine nicht mehr zu vernachlässigende Beziehung zur Sonne. Einmal spricht dafür die zur Erklärung der Luftelektrizität ausreichende Ionentheorie und zweitens die zuerst von Bezold gefundene Tatsache, daß vor jeder Gewitterbildung das Auftreten von Zirruswolken in hohen Luftregionen stattfindet. Das Wesen dieser Ionentheorie, welche bisher die beste Erklärung für den Ursprung der Luftelektrizität liefert, beruht auf folgenden Tatsachen. Jedes Gas an sich ist nicht imstande, elektrische Ladungen aufzunehmen, wenn es nicht durch Einwirkung gewisser ultravioletter Strahlen der Sonne in kleinste Teile, sogenannte Ionen zerlegt wird, die hohe elektrische Spannungen positiver wie negativer Art annehmen können. Mit den Licht- und Wärmestrahlen der Sonne gelangen auch ultraviolette Strahlen in die Atmosphäre, unter deren Einfluß die Luft ionisiert wird. Da diese ultraviolette Sonnenstrahlung in den obersten Luftschichten am kräftigsten ist, liegt der Sitz der luftelektrisierenden Kraft in dem oberen Teil unserer Atmosphäre. Damit stimmt auch die bei Ballonfahrten gefundene Tatsache überein, daß die Ionenmenge mit der Höhe über dem Erdboden zunimmt. Da nun die mit den Flecken zusammenhängenden Wasserstofferuptionen oder Protuberanzen auf der Sonne vornehmlich ultraviolette Strahlen liefern und dadurch die Ionisierung der Atmosphäre begünstigen, hängen auch die luftelektrischen Vorgänge mit jener eruptiven Tätigkeit

Digitized by Google

der Sonne zusammen. Diese Abhängigkeit wird noch durch die Tatsache verstärkt, daß man in der Häufigkeit der Zirruswolken einen deutlichen Zusammenhang mit der Häufigkeit der Sonnenflecken beobachtet hat.

Aber nicht nur in der Atmosphäre, sondern auch in der Lithosphäre oder festen Erdkruste findet sich dauernd Elektrizität in Form von Erdströmen vor, die als Naturerscheinung unseres Planeten aufzufassen sind und Schwankungen sowie Störungen aufweisen, deren Verlauf mit dem der Sonnenfleckenperiode übereinstimmt. Die tiefere Ergründung dieses Phänomens der Erdströme hat viel zur Erforschung des elektromagnetischen Zusammenhanges zwischen Erde und Sonne beigetragen. Auf dem Zentralkörper unseres Planetensystems spielen sich offenbar im Zusammenhange mit eruptiven Vorgängen auch gewaltige elektrische Erscheinungen ab, welche induzierend auf die Erde wirken müssen und elektrische Erdströme in der Panzerdecke unseres Planeten hervorbringen. Diese Erdströme können nun zwar die Erscheinung des Erdmagnetismus selbst nicht erklären, da sie im allgemeinen im Verhältnis zu den gewaltigen magnetischen Kräften der Erde zu schwach sind. Aber die mit der Sonnentätigkeit zusammenhängenden Änderungen der Erdströme vermögen wenigstens die entsprechenden Variationen in den erdmagnetischen Elementen zu erklären, und damit ist schon ein großer Schritt nach vorwärts getan in der kosmischen Deutung gewisser terrestrischer Vorgänge elektro-magnetischer Natur.

Beziehungen der Astronomie zur Meteorologie.

John Ruskin sagte von der meteorologischen Wissenschaft, mit deren Beziehungen zur Astronomie wir uns am Schluß dieses Abschnittes noch kurz beschäftigen wollen: „Ihre Gedanken sind inmitten der Lieblichkeit der Schöpfung; sie führt die Seele wie das Auge zum Morgennebel, zur Mittagsglorie und zur Abendwolke — zum purpurnen Frieden des Berghimmels und zur wolkigen Ruhe des grünen Tals; bald sich bewegend im Schweigen des sturmlosen Äthers, bald auf den rauschenden Schwingen des Windes. Es ist in der Tat ein Wissen, welches voll ist von der Seele der Schönheit. Sein Interesse ist unerschöpflich, unverringert an jedem Ort, zu jeder Zeit. Der, dessen Bereich der Himmel ist, kann nie einen uninteressanten Fleck treffen, kann nie die Erscheinungen einer Stunde ausschöpfen: er ist in einem

Digitized by Google

Reiche beständigen Wechsels — ewiger Bewegung — endlosen Geheimnisses."

Mannigfaltig sind die Beziehungen zwischen der Meteorologie, deren Reich in der Atmosphäre liegt, und der Astronomie, deren eigentliches Reich der Himmel ist. Wir betrachten den Himmel durch die Atmosphäre, die, so notwendig sie auch für unsere Atmung ist, doch ein beträchtliches Hindernis für alle astronomischen Beobachtungen darstellt.

Das Licht, welches von den Himmelskörpern in unser Auge dringt, erfährt beim Durchgang durch die Schichten der Atmosphäre mannigfache Störungen und Ablenkungen. Zunächst erscheint uns infolge der Luftperspektive das Himmelsgewölbe von einem allseitig freien Punkte aus betrachtet nicht als Halbkugel, sondern als Gewölbe mit erheblich größerem horizontalen als vertikalen Durchmesser. Aus demselben Grunde kommen uns Sonne und Mond beim Auf- und Untergange viel größer vor als in beträchtlichen Höhen am Himmel. Durch Lichtreflexion innerhalb der Atmosphäre wird das sogenannte diffuse Tageslicht verursacht, ohne welches nur die von der Sonne direkt beleuchteten Gegenstände zur optischen Wahrnehmung gelangen und sonst alle Objekte, auch der Himmelsgrund, schwarz erscheinen würden. Das Himmelsgewölbe strahlt aber nicht nur in heller Beleuchtung, sondern auch in verschiedenen Färbungen, bei klarer Atmosphäre am Tage mehr oder minder intensiv blau und bei den Auf- und Untergängen der Sonne in den schönen Tönungen der Morgen- und Abendröte, welche das Phänomen der Dämmerung entsprechend beschließen oder einleiten.

Das Licht der Himmelskörper muß, ehe es zu unserer Wahrnehmung gelangt, Luftschichten durchdringen, welche dichter sind als die Gasschichten im Weltenraume und außerdem nach dem Erdboden zu stetig an Dichtigkeit zunehmen. Bei dem Übergange von Lichtstrahlen aus optisch dünneren in optisch dichtere Medien tritt die sogenannte Strahlenbrechung auf, durch welche die Höhen der Gestirne über dem Horizont vergrößert werden. Diese astronomische Strahlenbrechung, welche bei allen Gestirnsmessungen eine wichtige Rolle spielt, ist im Zenit, wo die Lichtstrahlen senkrecht auffallen, Null und erreicht am Horizont ihr Maximum von etwas über einen halben Grad. Da der Sonnendurchmesser etwa einen halben Grad beträgt, bewirkt das durch die Strahlenbrechung verursachte Emporheben der Gestirne

Digitized by Google

Abb. 22. Photographische Aufnahme eines Nordlichts.

eine Verlängerung der Tagesdauer, welche unter 50° geographischer Breite etwa 4 Minuten beträgt, während in der Polarzone die in Wirklichkeit bereits unter dem Horizont befindliche Sonne tage-, ja, wochenlang über dem Sehkreise erblickt werden kann.

Durch unregelmäßige Schichtungen der Luft außerhalb und innerhalb der Beobachtungsräume, wo Meßinstrumente aufgestellt sind, entstehen anomale Refraktionswirkungen. Abgesehen von diesen, der direkten Wahrnehmung zumeist zugänglichen Störungen der Strahlenbrechung werden aber auch die stets wechselnden, mehr oder weniger schnell sich ausgleichenden und einer Berechnung zumeist sich entziehenden Zustände der Atmosphäre ein letztes, fast unüberwindliches Hindernis für feinste astronomische Messungen bilden. So sehen wir denn, daß die atmosphärische Hülle unseres Planeten, welche für alle Lebewesen von fundamentaler Bedeutung ist, für scharfe astronomische Beobachtungen eine schwere Störung bildet, die sich niemals ganz überwinden lassen wird.

Auf anomalen Brechungswirkungen des Lichtes beruht auch eine bekannte astronomisch-meteorologische Erscheinung, das sogenannte Funkeln der Sterne, welches häufig schon mit unbewaffnetem Auge sichtbar ist und besonders in den Winternächten der ruhigen Pracht des Fixsternhimmels einen eigenartig belebenden Glanz verleiht. Gerade solche dem Laien und poetischen Beschauer des Himmels besonders schön dünkende Nächte, in denen die Sterne wie große strahlende Körper funkeln, sind für genaue astronomische Beobachtungen ungünstig. Bei den Abbildungen im Fernrohr tritt alsdann das Funkeln der Sterne besonders deutlich hervor und beeinträchtigt erheblich die Schärfe der Messungen. Dieses Funkeln der Sterne, welches sich in

Digitized by Google

einem Schwirren und Verschwimmen der sonst ruhigen und scharfen, fast punktförmigen Sternbildchen äußert, tritt ganz besonders stark auf, wenn plötzliche meteorologische Veränderungen in den Luftschichten vor sich gehen. Jene Erscheinung ist deshalb von seiten der beobachtenden Astronomen häufig und mit Erfolg schon für die Zwecke der Wetterprognose, besonders als Vorbote für Regenwetter benutzt worden.

Zu den optischen Erscheinungen der Atmosphäre im Sinne astronomisch-meteorologischer Beziehungen gehören schließlich noch die um Sonne und Mond auftretenden Höfe und Ringe. Die Höfe um Sonne und Mond mit kleineren Durchmessern, welche bei leichter Bewölkung zumeist farbig auftreten, kommen durch Beugung der Lichtstrahlen beim Passieren kleinster Öffnungen zwischen den einzelnen Dunstkügelchen der Atmosphäre zustande. Die Durchmesser dieser Höfe wachsen mit Verkleinerung der Nebelkügelchen und umgekehrt; da nun bei schlechtem Wetter diese Dunstkörperchen sich vergrößern, bei gutem Wetter aber kleiner werden, so liefern die besonders am Monde deutlich sichtbaren Höfe brauchbare Anhaltspunkte für die Wetterprognose; sie erscheinen enger vor Regenwetter und weiter bei bevorstehender guter Witterung.

Sechster Abschnitt.

„Schnell wie der Gedanke"

Beziehungen der Astronomie zur medizinischen Wissenschaft: Fehler der Sinneswahrnehmung.

Bei sämtlichen astronomischen Präzisionsmessungen spielen neben den zu den Beobachtungen dienenden Instrumenten die Beobachter selbst, also die menschlichen Sinneswahrnehmungen, eine wichtige Rolle. Das beste Instrument, der exakteste Apparat erfüllen ihren Zweck, präzise Messungsergebnisse an den Naturerscheinungen zu liefern, nur dann, wenn auch der solche künstlichen Erweiterungen seiner Sinne benutzende Mensch in kritischer Weise Herr seiner eigenen natürlichen Sinneswahrnehmungen wird. Man erkennt sofort, daß hier ein überaus wichtiges Grenzgebiet zwischen der messenden Astronomie im allgemeinen und der medizinischen Physiologie im speziellen vorliegt, ein Forschungsreich, das erst durch subtilste Arbeiten der Neuzeit erschlossen worden ist.

Digitized by Google

Im folgenden sollen nicht die speziellen physiologischen und psychologischen Grundlagen für eine Theorie der Sinneswahrnehmung[1]) auseinandergesetzt werden, sondern nur ein allgemeiner und in großen Zügen orientierender Überblick über das ganze in Rede stehende Gebiet der, man könnte sagen, astronomischen Physiologie gegeben werden. In diesen allgemeinen Überblick sollen zugleich die charakteristischsten und wichtigsten Fragen auf astronomischen Beobachtungsgebieten aufgenommen und wenigstens die Grundlagen derartiger Probleme exakter Meßkunst in Kürze skizziert werden. Auf solche Weise dürfte das Verständnis und Interesse für jenes wichtige, aber einer allgemein verständlichen Darstellung äußerst spröde sich erweisende Feld einer Kritik der Sinneswahrnehmungen am besten geweckt und die Bedeutung der Astronomie auch für die medizinische Wissenschaft der Physiologie erläutert werden können.

Das Sprichwort „Schnell wie der Gedanke" harmoniert schon lange nicht mehr mit unseren Kenntnissen über die Empfindungs- und Denkvorgänge im menschlichen Körper. Nach den grundlegenden Untersuchungen von Helmholtz und Du Bois-Reymond beträgt die Geschwindigkeit, mit welcher ein Reiz in den normalen Nerven des Menschen sich fortpflanzt, nur etwa den neunten Teil der Schallgeschwindigkeit, also ungefähr 35 Meter in der Sekunde. Dieses Ergebnis gilt in erster Linie für die Bewegungsnerven oder die sogenannten motorischen Nerven, während die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Empfindungsnerven oder sensiblen Nerven nur um etwas größer ist. Die Wahrnehmung von Raum- und Zeitunterschieden mittels unserer Sinne, ohne Anwendung künstlicher Erweiterungsmittel, ist daher keine sehr feine, namentlich dann nicht, wenn gleichzeitig verschiedene Nervenfasern dabei in Betracht kommen. Im günstigsten Falle lassen sich die unteren Grenzen für unsere direkte räumliche und zeitliche Sinneswahrnehmung etwa durch das Zehntel Millimeter und die Zehntel Zeitsekunde bezeichnen.

Blitzt an derselben Stelle des Gesichtsfeldes zweimal hintereinander ein und dieselbe Lichterscheinung auf, so erkennt das Auge sie noch als doppelt, wenn die Zwischenzeit ungefähr $^1/_{10}$ Sekunde beträgt; ist das

1) Vgl. hierfür Marcuse, Die Schwierigkeiten der wissenschaftlichen Beobachtungen, aus „Weltall und Menschheit" Band II, Verlag von Bong u. Co.; die obigen Darstellungen lehnen sich an jene ausführlichere Veröffentlichung an.

Digitized by Google

Intervall kleiner, dann verschmelzen beide Erscheinungen in eine, wie dies z. B. der schnell rotierende Farbenkreisel beweist, dessen bei langsamer Drehung deutlich wahrnehmbare Regenbogenfarben sich bei schneller Rotation zum Totaleindruck von Weiß vereinen. Auch die im Kreise geschwungene glühende Kohle, deren getrennte Positionen bei langsamer Bewegung leicht wahrgenommen werden können, gibt bei schneller Drehung bekanntlich einen geschlossenen Funkenkreis. Etwa dieselbe untere Grenze wie beim Auge gilt auch für das Ohr, welches im allgemeinen nur dann schnell aufeinanderfolgende Töne oder Stöße getrennt aufzufassen vermag, wenn ihre Zwischenzeiten nicht wesentlich unter $^1/_{10}$ Sekunde heruntergehen.

Sollen kleinere Raum- und Zeitunterschiede mit Sicherheit beobachtet oder gar scharf gemessen werden, so müssen künstliche Hilfsmittel zur Anwendung kommen. Im ersten Falle tritt das Mikroskop helfend ein, welches Längenmessungen mindestens bis auf den 10000sten Teil des Millimeters (0,0001 mm = 0,1μ oder $^1/_{10}$ Mikron) genau auszuführen gestattet. Dadurch ist dem menschlichen Auge eine früher nicht einmal geahnte mikrokosmische Welt erschlossen worden, in deren Bereich das Tausendstel eines Millimeters, genannt Mikron, als Maßeinheit Verwendung findet. Wenn man bedenkt, daß nach den neuesten biologischen Forschungen die Dimensionen der kleinsten Lebewesen auf etwa ein hundertstel Mikron (0,01μ) angesetzt werden dürfen, so kann man sich eine Vorstellung von der Schwierigkeit machen, dieses Reich des unendlich Kleinen zu erforschen. Und doch ist diese mikrokosmische Welt in ihren Bewegungsgesetzen wohl vergleichbar mit dem durch das Fernrohr der Sinneswahrnehmung zugänglich gemachten Universum. Nur dürfte dieser Mikrokosmus mit seinen Molekularkräften und Atombewegungen sehr viel komplizierter für die menschliche Auffassung sich gestalten als der Makrokosmos, in dem dank der astronomischen Forschung bereits ein raum- und zeitdurchdringendes Gesetz, nämlich das Gesetz der allgemeinen Massenanziehung, gefunden worden ist. Die Entdeckung solcher Naturgesetze, die schrankenlos Raum und Zeit durchdringen, die Vorausberechnungen beliebig nach vorwärts und rückwärts gestatten, stellt überhaupt das Endziel aller exakten Naturwissenschaften dar. Und auch schon in der mikrokosmischen Welt der Moleküle und Atome beginnt in dieser Beziehung das Licht der Erkenntnis sich auszubreiten. Denken wir z. B. an die Chemie; da war es bis vor kurzem völlig gleichgültig, ob

Digitized by Google

eine Verbindung sich in Sekunden, Minuten oder Stunden vollzog, und auch auf die räumliche Gruppierung der Atome pflegte man nicht zu achten. Das ist mit einem Schlage seit Ausbildung der physikalischen Chemie anders geworden.

Für die Mikroskopie der Zeit, welche diejenige des Raumes an Genauigkeit sogar noch überflügelt hat, sind gleichfalls besonders sinnreiche Apparate konstruiert worden. Sie beruhen im wesentlichen auf dem Prinzip, durch sehr schnelle Rotation eines mit elektrischen Markierungen versehenen Zylinders Zeitdifferenzen in Raumunterschiede zu verwandeln. Solche zuerst für militärische Zwecke, zur Bestimmung der Geschwindigkeit von Geschützkugeln durch Werner Siemens, Cranz u. a. verbesserten Apparate gestatten sogar den 30000sten Teil einer Sekunde, also $0{,}000033^s$ (oder $0{,}03\,\sigma$, wo $\sigma =$ ein tausendstel Sekunde als kleinste Einheit gilt) zu messen.

Es gibt daher Untersuchungsmethoden in räumlicher und zeitlicher Hinsicht, welche unendlich feinere Bestimmungen auszuführen erlauben, als die natürlichen Sinne des Menschen es vermögen. Deshalb lag es nahe, nunmehr auch die Sinneswahrnehmungen und das menschliche Bewußtsein selbst auf ihre Fehler hin kritisch zu untersuchen, um letztere zu bestimmen und Anordnungen der Beobachtung zu finden, bei denen dieselben möglichst unschädlich gemacht werden können. An dieser schwierigen Aufgabe haben in den letzten vier Jahrzehnten Physiologie, Psychologie und Astronomie unter Mithilfe der physikalischen Wissenschaften gemeinschaftlich und erfolgreich gearbeitet.

Bei allen Präzisionsmessungen spielen die Sinneswahrnehmungen durch Auge, Ohr und Tastsinn eine wesentliche Rolle. Dies gilt auch bei Anwendung der Photographie in der Meßkunst, da alsdann die Beobachtungsbedingungen für die menschlichen Sinne nur in vorteilhafter Weise verschoben, aber nicht aufgehoben sind, wie später noch des näheren ausgeführt werden soll. Es ist daher für eine Kritik der Sinneswahrnehmungen zunächst von Wichtigkeit gewesen, die sogenannte physiologische Zeit für diese drei Sinne festzustellen, welche drei nur äußerst schwer zu trennende Elemente umfaßt, nämlich erstens die Übermittlung der Empfindung zum Gehirn, zweitens ihre Umsetzung im Gehirn in einen Willensakt und drittens die Übermittlung dieses Willensaktes zu den motorischen Nerven sowie die Ausführung der Bewegung durch die Muskeln. Diese eigenartigen und

Digitized by Google

interessanten Vorgänge in den Nerven- und Muskelapparaten lassen sich nach Helmholtz am besten vielleicht durch folgendes Bild allgemein verständlich machen: Die Nervenfäden können passend mit elektrischen Telegraphendrähten verglichen werden, welche sofort jede Nachricht von den äußersten Grenzen her dem regierenden Zentrum (Gehirn) zuführen und dann die Willensmeinung des letzteren nach jedem einzelnen Teile zum Zweck der Ausführung zurückbringen.

Nach eingehenden Untersuchungen gelang es, die einem Hin- und Hergange in den Nervenfasern entsprechende physiologische Zeit zahlenmäßig festzustellen. Die Experimente, welche an einer größeren Zahl von Personen und mit Hilfe des später wesentlich verbesserten Hippschen elektrischen Chronoskops angestellt wurden, ergaben für alle drei Sinneswahrnehmungen eine zwischen $^1/_6$ und $^1/_4$ Zeitsekunde liegende physiologische Zeit, wobei die Regelmäßigkeit, mit welcher Auge und Tastsinn arbeiten, diejenige für das Gehör nicht unwesentlich übertrifft. Diese Zahlen für die physiologische Zeit, einem Hin- und Hergange in den Nervenfasern entsprechend, variieren übrigens nicht nur von Person zu Person, sondern sie sind sogar für ein und dasselbe Individuum, je nach dessen körperlicher oder seelischer Disposition, in ziemlich weiten Grenzen veränderlich.

Im allgemeinen wird man es daher mit zwei, im Prinzip nur unwesentlich verschiedenen Gattungen von Fehlern der Sinneswahrnehmung zu tun haben, die aber in der Praxis der Messungen getrennt zu halten sind. Einmal muß jeder Beobachter einen absoluten persönlichen Fehler haben, welcher aus dem Unterschiede zwischen dem Moment des Stattfindens und dem der Wahrnehmung einer Erscheinung gebildet wird. Dieser Fehler, sonst auch die absolute persönliche Gleichung genannt, soll im folgenden der Einfachheit halber nur als persönliche Korrektion des Beobachters bezeichnet werden. Je nach der Rasse, der Körperkonstitution und dem geistigen Anpassungsvermögen wird diese persönliche Korrektion für die einzelnen Menschen ziemlich verschieden sein. Auch in der Tierwelt finden wir in dieser Beziehung sehr interessante Unterschiede, welche von der Körpergröße und Körperbeschaffenheit abhängen. So gebraucht beim Elefanten ein Sinneseindruck von der Haut bis zum Gehirn mehrere Sekunden, während bei der Ameise diese Transmission sich in weniger als $^1/_{10}$ Sekunde vollzieht. Außer mit der eben besprochenen persönlichen Korrektion hat man es aber noch mit einer persönlichen Gleichung zu tun, d. h. mit

Digitized by Google

Unterschieden der Auffassungen ein und derselben Erscheinung zwischen verschiedenen Beobachtern. Diese im folgenden nur als persönliche Gleichungen zu bezeichnenden Fehler der Sinneswahrnehmungen, welche zwischen einzelnen Beobachtern sehr große Unterschiede aufweisen können, spielen z. B. bei astronomischen Messungen, wenn es sich um Wahrnehmungen desselben Phänomens durch mehrere Personen handelt, eine sehr große Rolle.

Aber der „Gedanke" ist nicht nur, wie im vorangehenden ausgeführt werden konnte, niemals „schnell", sondern er darf sogar selten für ganz richtig oder objektiv gelten. Es gesellt sich daher zu den beiden eben erwähnten Fehlererscheinungen der persönlichen Korrektion und Gleichung noch eine dritte nahe verwandte Klasse derselben, die subjektiven Täuschungen, welche sich für den geübten Beobachter oft unschwer erkennen lassen, manchmal jedoch so subtiler Natur sein können, daß ihr wahrer Charakter erst nach besonders scharfsinniger Prüfung zutage tritt. Mit dieser Gruppe von Fehlern der Sinneswahrnehmungen, also mit den subjektiven Täuschungen, wollen wir uns nunmehr zuerst bei diesem kurzen orientierenden Überblicke beschäftigen und dabei einige besonders markante Beispiele aus der astronomischen und physikalischen Meßkunst herausgreifen.

Beim Betrachten heller Himmelsobjekte entstehen besonders in größeren Fernrohren nicht selten störende Reflexbilder, welche einen Planeten satellitenförmig, einen glänzenden Fixstern punktartig täuschend begleiten. Ein geübter Beobachter wird diese durch falsche Spiegelung an den hinteren Glasflächen der Linsen oder etwa auch im Auge selbst entstandenen scheinbaren Objekte leicht erkennen und verhängnisvolle Irrtümer vermeiden. Bei der Betrachtung von Doppelsternsystemen, deren eine Komponente farbig ist, erscheint auch der zweite Stern häufig gefärbt, selbst wenn er in Wirklichkeit weißes Licht hat. Nach dem bekannten Gesetz von den komplementären Farben bedingt nämlich z. B. ein roter Stern die grüne Farbe seines Begleiters, ein gelber die blaue. In derartigen Fällen werden nur spektralphotographische Untersuchungen der betreffenden Sterne den richtigen Aufschluß über die Farbe geben können.

Außer solchen eben erwähnten gröberen Täuschungen der Sinneswahrnehmung gibt es aber zahlreiche zartere Störungen, deren Nachweis nicht ganz so leicht gewesen ist. Da sind zunächst die durch exzentrische Beleuchtung des Gesichtsfeldes und der Fäden im Fernrohr

Digitized by Google

und im Mikroskop entstehenden, ziemlich erheblichen Messungsfehler zu nennen, die unter Umständen selbst das normale Auge des Beobachters begehen kann. In der neueren astronomischen Technik z. B. hat man diesem Übelstande durch geeignete Anbringung eines ganz kleinen Silberspiegels in der Mitte der Objektivlinse abgeholfen. Ferner können die mikrometrischen Ausmessungen im Fernrohr wie im Mikroskop nicht unerheblich gefälscht werden, falls das Auge des Beobachters mit Astigmatismus behaftet ist. Astigmatismus entsteht bekanntlich, wenn die brechenden Flächen des Auges eine Abweichung von der kugelförmigen Augenform zeigen und dadurch die Strahlenbrechung in den verschiedenen Meridianen ein und desselben Auges verschieden ausfällt. In der Regel lassen sich derartige astigmatische Störungen des Auges durch Benutzung von geeigneten Zylinderbrillen aufheben.

In neuerer Zeit ist es dem ausgezeichneten Astronomen Professor Seeliger in München gelungen, eine zunächst ganz heterogene Erscheinung, nämlich die Vergrößerung des Erdschattens bei totalen Mondfinsternissen, gleichfalls als physiologisch-optische Täuschung zu erklären. Schon lange weiß man, daß bei Mondfinsternissen der Kernschatten der Erde nicht unwesentlich größer erscheint, als er den Dimensionen unseres Planeten entsprechend anzunehmen ist. Die wirkliche Verfinsterung des Mondes dauert daher länger als die vorausberechnete. Bereits in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts hat der deutsche Astronom Tobias Mayer den sogenannten Vergrößerungsfaktor bestimmt, der an die Mondbreiten angebracht werden muß, um die Dauer der vorausberechneten mit derjenigen der faktischen Mondfinsternis in Einklang zu bringen. Dieser Faktor ist dann später von Hartmann genauer ermittelt und in den astronomischen Ephemeriden den Daten zur Vorausberechnung der Mondfinsternisse bisher überall beigefügt worden. Allgemein war man, in Ermangelung einer befriedigenden Erklärung für dieses Phänomen, geneigt, jene Schattenvergrößerung einer besonderen brechenden Wirkung der Erdatmosphäre zuzuschreiben. Seeliger hat nun durch scharfsinnige Betrachtungen an der Hand origineller Experimente mit rotierenden Scheiben, welche bis auf einen kleinen weißen Sektor geschwärzt waren und entsprechend dem Vorgange bei der Mondfinsternis beleuchtet wurden, nachgewiesen, daß die Vergrößerung des Kernschattens eine Folge eigenartiger optisch-physiologischer Täuschungen sei. Es ge-

Digitized by Google

lang ihm dabei, im Laboratorium dieselben Erscheinungen sogar in ähnlichen relativen Dimensionen herzustellen, wie sie bei den Mondfinsternissen am Himmel wahrgenommen werden.

Bei Gelegenheit der Beobachtungen der Vorübergänge der Venus vor der Sonnenscheibe, der sogenannten Venusdurchgänge, welche noch bis vor kurzem zur sicheren Ermittlung der Entfernung Sonne — Erde, also unseres planetarischen Maßstabes, am geeignetsten erschienen, wurden bereits die Astronomen des 18. Jahrhunderts durch eine eigentümliche optisch-physiologische Erscheinung unangenehm überrascht und verwirrt. Es zeigte sich nämlich bei den Momenten der inneren Berührung von Venus und Sonnenrand, daß der Planet statt seiner kreisrunden Form die Gestalt etwa einer Birne annahm, indem zwischen den Rändern der dunklen Venus und der hellen Sonne, wo die Berührung sein sollte, eine matte Verbindung, der sogenannte „schwarze Tropfen", genaue Kontaktmessungen unmöglich machend, sich bildete. Dies ist ein Phänomen der Diffusion oder Irradiation des Lichtes, welches besonders beim Anblick dunkler Flächen auf hellem Hintergrunde entsteht. Bei den Venus-Vorübergängen im vorigen Jahrhundert, vorzüglich beim letzten von 1882, wurde die Erscheinung dadurch unschädlich zu machen gesucht, daß die Beobachter sich vorher an einem den „schwarzen Tropfen" künstlich nachahmenden Apparat einübten und je nach ihrer Augendisposition die Reduktion bestimmten, welche vom Moment des Eintretens jenes schwarzen Tropfens auf das wirkliche Moment der Berührung schließen ließ.

Es scheint endlich durchaus nicht ausgeschlossen, daß in Zukunft noch manche anderen, für uns sonderbare Begleiterscheinungen astronomischer Phänomene, wie z. B. die merkwürdigen kanalartigen Doppelstreifen auf der Marsoberfläche, auch in das Gebiet der Fehler unserer Sinneswahrnehmungen verwiesen werden möchten. Diese Ansicht scheint auf Grund neuer und eigenartiger, von amerikanischen Forschern ausgeführter Untersuchungen ihre Bestätigung zu finden.

Abb. 23. Der „schwarze Tropfen" bei der Beobachtung des Venus-Vorüberganges vor der Sonne.

Wir gehen nunmehr über zur kurzen orientierenden Betrachtung der persönlichen Gleichungen bei astronomischen Beobachtungen, also jener merkwürdigen Differenz, welche besonders für verschiedene Individuen bei Wahrnehmung ein und derselben Erscheinung zutage tritt. Bereits Ende des 18. Jahrhunderts fiel es dem englischen

Digitized by Google

Astronomen Maskelyne auf, daß sein Assistent am Greenwicher Observatorium die Durchgänge der Sterne durch die Fäden des Meridianfernrohrs anfangs übereinstimmend mit ihm, dann eine halbe, schließlich sogar $^8/_{10}$ Sekunden später beobachtet habe. Maskelyne entließ deshalb seinen Assistenten, weil er ihm nicht richtig zu beobachten schien. Dieses unschuldige Opfer einer heute allgemein als berechtigt anerkannten Erscheinung gab etwa 20 Jahre später den wichtigen Anlaß zu Bessels grundlegenden Untersuchungen über die persönliche Gleichung bei Durchgangsbeobachtungen.

Schon von Bradley war in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts die Beobachtungsmethode eingeführt worden, aus den Antritten der Sterne an die Fäden eines in der Brennebene des Mittagsfernrohres befindlichen Fadennetzes nach den Schlägen der Pendeluhr die Örter dieser Sterne zu bestimmen. Der Beobachter vernimmt mit dem Ohre den Pendelschlag der Uhr, gleichzeitig sieht er den Stern im Gesichtsfelde des Fernrohres gegen den Faden rücken und sucht sich nun zu merken, welche Stelle der Stern beim Pendelschlag vor dem Faden, welche beim folgenden Schlage hinter dem Faden er inne hatte. Hieraus kann man bis auf die zehntel Sekunde genau bestimmen, wann der Stern am Faden selbst vorübergegangen ist. Jeder geübte Beobachter liefert nun auf diese Weise Messungsreihen, welche jede für sich sehr wohl bis auf die zehntel Sekunde innerlich übereinstimmen, häufig aber um recht erhebliche Beträge, bis zu einer Sekunde, von den Ergebnissen eines anderen Beobachters abweichen können. Die hierbei auftretenden persönlichen Gleichungen sind deshalb so erheblich, weil jene Bestimmungen der Zeitunterschiede gleichzeitig von zwei verschiedenen Sinnesorganen, Auge und Ohr, aufgefaßt werden müssen.

Derartige Fehler lassen sich auf rein astronomischem Wege ermitteln, indem Beobachter A die Durchgänge eines Sternes an den ersten, B dieselben an den letzten Fäden im Fernrohr bestimmt, und diese Operation beim nächsten Stern in umgekehrter Reihenfolge zur Eliminierung von Fadendistanzfehlern wiederholt wird. Aus zahlreichen solchen Messungen zwischen sehr verschiedenen Beobachtern geht hervor, daß der Unterschied A—B zwischen 0^s und $1{,}25^s$ schwankt, aber durchaus nicht für dieselben Personen konstant bleibt. Bei allen astronomischen Operationen, welche von mehreren Personen gleichzeitig ausgeführt werden, oder deren Ergebnisse auf getrennt angestellten

Digitized by Google

Messungen verschiedener Beobachter beruhen, gilt es deshalb als erste Regel, mit möglichster Schärfe die persönlichen Gleichungen zu ermitteln. Der astronomisch-mechanischen Technik ist es ferner durch geeignete Abänderung der Beobachtungsmethode von Sterndurchgängen gelungen, die Größe der persönlichen Auffassungsfehler beträchtlich herabzusetzen. An Stelle der eben besprochenen Methode nach „Auge und Ohr", wobei der Stern mit dem Auge im Fernrohr verfolgt und der Sekundenschlag der Uhr mit dem Ohr aufgefaßt wird, wurde zuerst von amerikanischen Astronomen ein elektrisches Registrierverfahren für Durchgangsbeobachtungen eingeführt, welches heute nach einigen Verbesserungen allgemein bei Präzisionsmessungen dieser Art angewendet wird. Die Sekunden der Pendeluhr zeichnen sich auf dem Apparat, der nach dem Prinzip des Morseschen Telegraphen konstruiert ist, automatisch auf; der Beobachter gibt auf demselben nur noch elektrische Signale für die Fädenantritte der Sterne. So wird der Gehörfehler gänzlich eliminiert, welcher bei dieser Kombination gleichzeitig auszuführender Messungen den größeren und unregelmäßigeren Betrag der Sinneswahrnehmungsfehler ausmacht. Nur Auge und Tastsinn beeinflussen jetzt die auf einem Papierstreifen mit Hilfe einer sich verjüngenden Skala bis zu wenigen hundertstel Sekunden genau ablesbaren Beobachtungen, die aus Raumdifferenzen zwischen den Sekundenpunkten der Uhr und den daneben befindlichen Signalen des Astronomen sich zusammensetzen. Auf diese Weise sinkt der Maximalbetrag der persönlichen Gleichung zwischen zwei geübten Beobachtern auf wenige zehntel Sekunden herab. Neuerdings verwendet man, um den Augenfehler noch mehr herabzusetzen, sogar unpersönliche Registriermikrometer, an denen die Einstellungen beweglicher Fäden auf den Stern vollzogen werden. Mit diesem Hilfsmittel kann man den Betrag der persönlichen Gleichungen sogar bis auf wenige hundertstel Zeitsekunden herabsetzen.

Die stetig zunehmende Verfeinerung astronomischer Beobachtungsmethoden hat gezeigt, daß nicht nur Durchgangsbeobachtungen, sondern auch Höheneinstellungen der Sterne sowie fast alle feineren mikrometrischen Ausmessungen von den mannigfachen äußeren Bedingungen beeinflußt werden, unter denen das Auge die Objekte und die Fäden oder Striche im Meßapparat wahrnimmt. Nach Untersuchungen von W. Förster ist z. B. der persönliche Bisektionsfehler bei mikrometrischen Ausmessungen auch davon abhängig, wie viele Nerven-

Digitized by Google

elemente der Netzhaut von den zu vergleichenden Flächen getroffen werden. Dieser Fehler verschwindet fast ganz, sobald nur ein einzelnes Nervenelement bedeckt wird, und er wächst ziemlich stark mit der Zahl der in Anspruch genommenen Nervenzapfen auf der Netzhaut des Auges. Man könnte sich beinahe verleiten lassen, dem allzu energischen Ausspruche eines unserer größten exakten Naturforscher (Helmholtz) beizupflichten, der da meinte, daß, wenn ein Mechaniker ein so unvollkommenes Instrument, wie das menschliche Auge, konstruieren würde, es als unbrauchbar zurückzuweisen wäre. Aber mit den Lebensfunktionen des menschlichen Auges, dessen Bau und Funktion als äußerst sinnreich gelten müssen, hat das exakte Messen wohl erst in allerletzter Linie zu tun!

Zwei Gruppen von Erscheinungen sind es ferner, welche bei dieser Gelegenheit besondere Erwähnung verdienen. Einmal der Einfluß der Helligkeit der Sterne und dann die Wirkung der Kopflage des Beobachters auf die Resultate astronomischer Messungen. Seit Argelander, vor etwa 50 Jahren, weiß man, daß Rektaszensions-, besonders aber Deklinationsmessungen der Sterne von deren Größenklasse beeinflußt werden, indem der Beobachter helle Sterne anders als schwächere einstellt. Diese sogenannte Helligkeitsgleichung muß für jede längere Messungsreihe besonders bestimmt werden; sie variiert nicht nur von Person zu Person, sondern ist auch für dasselbe Individuum durchaus nicht konstant. Man hat versucht, sie aus den astronomischen Beobachtungen möglichst fortzuschaffen, indem die Intensität der helleren Sternbilder im Fernrohr durch Aufsetzen geeigneter Gitterblenden auf das Objektiv bis zu einer mittleren, etwa der fünften Größenklasse, verringert wird.

Die andere Gruppe von Erscheinungen, bei welcher die optisch-physiologischen Fehler der Sinneswahrnehmung gleichfalls recht erheblich die Genauigkeitsgrenzen der eigentlichen Messungsergebnisse überschreiten, ist auch erst in den letzten Jahrzehnten genauer untersucht worden. Wenn der Beobachter Durchgänge oder Höheneinstellungen von Sternen nahe dem Zenit, also bei fast senkrechter Stellung des Fernrohrs, mißt, so kann er diese Beobachtungen im Liegen bei zwei verschiedenen Kopflagen, nämlich Gesicht nach Süden oder Gesicht nach Norden, ausführen. Die Ergebnisse werden im allgemeinen je nach der Kopflage verschieden ausfallen, und zwar häufig um ziemlich erhebliche Beträge. Da Sternbeobachtungen in verschiedenen

Digitized by Google

Höhenzonen, nördlich und südlich vom Zenit, miteinander zu verbinden sind, muß für jeden Beobachter die Beziehung ermittelt werden, welche in der Nähe des Zenits zwischen seinen Messungen der Sterndurchgänge und Deklinationen bei den Lagen „Gesicht Süd" oder „Gesicht Nord" obwaltet. Diese spezielle persönliche Gleichung wird am einfachsten durch Wechseln der Kopflage während der Beobachtung desselben Zenitsterns bestimmt. Ihre physiologische Erklärung dürfte die folgende sein. Der Stern geht scheinbar von West nach Ost durch das Fernrohr; das Auge des Beobachters folgt bei Gesichtslage Süd dem Stern von rechts nach links bei den Messungen im Gesichtsfelde, bei Gesichtslage Nord dagegen von links nach rechts. Für diese entgegengesetzten Bewegungen des Auges werden die Vorgänge der Abbildung auf den Netzhautfasern nicht ganz identisch sein. Hiermit würde die Tatsache in Einklang stehen, daß durch Anwendung eines umkehrenden Prismas dieser persönliche Fehler fast zum Verschwinden gebracht werden kann, weil dann die Augenbewegungen für beide Gesichtslagen in demselben Sinne auszuführen sind.

Wir sind somit, wie es bei dem innigen Zusammenhange beider Erscheinungen kaum anders zu erwarten war, aus dem Gebiete der persönlichen Gleichungen bei dieser flüchtigen Orientierung schon mitten in die Betrachtung der anderen Sinneswahrnehmungsfehler, nämlich der persönlichen Korrektionen, gelangt. Letztere entstehen, wie bereits zu Anfang erwähnt, dadurch, daß unsere Sinneswerkzeuge eine Erscheinung zeitlich wie räumlich etwas anders auffassen, als sie in Wirklichkeit vor sich geht. Wie der Astronom für seine Präzisionsapparate die systematischen Instrumentalfehler bestimmt, um die Beobachtungen zu verbessern, so muß er auch die Fehler seines Nervenapparates ermitteln, da sie bei allen feinsten Messungen eine fundamentale Rolle spielen.

Wir sind noch weit entfernt von dem idealen, gewiß nur äußerst schwer, wenn überhaupt erreichbaren Ziele, für all die verschiedenen Beobachtungsmethoden die Instrumente so einzurichten, daß die Gestirne automatisch Beobachtungszeiten und Distanzen genau angeben. Damit würde es allerdings jederzeit möglich sein, durch direkte Vergleichung den absoluten persönlichen Fehler eines Beobachters zu bestimmen, soweit man dann von ihm überhaupt noch etwas zu wissen brauchte. Die partielle Eliminierung dieses Fehlers, wenigstens für gewisse Beobachtungen im Fernrohr, ist neuerdings durch die immer

Digitized by Google

ausgedehntere Anwendung der Photographie bei astronomischen Messungen ermöglicht worden. Allerdings spielen beim Ausmessen der photographischen Platte die Fehler der Sinneswahrnehmungen immer noch eine durchaus nicht zu unterschätzende Rolle, jedoch können dieselben später im Laboratorium leichter kontrolliert und bequemer bestimmt werden als während der direkten, oft eiligen Beobachtung am Himmel selbst.

Die weitaus größte Zahl wichtigster und nützlichster astronomischer Messungen, welche zur Klasse der Durchgangsbeobachtungen von Gestirnen an Meridian- und Universalinstrumenten gehören, wird noch immer von den Beobachtern selbst direkt ausgeführt. Die persönlichen Korrektionen der letzteren, wenigstens bei fundamentalen astronomischen und geodätischen Bestimmungen, müssen daher möglichst scharf ermittelt werden.

Wie geschieht nun die Bestimmung der persönlichen Korrektion für Durchgangsbeobachtungen? Durch Anwendung eines Apparates, welcher Durchgänge künstlicher Sterne im Fernrohr zu beobachten erlaubt und gleichzeitig, mit Variierung der Geschwindigkeiten, die wirklichen Zeiten angibt, wann der künstliche Stern die Fäden passiert. Die Benutzung derartiger Apparate, die allerdings schon Jahrzehnte alt und wohl mancher Verbesserungen bedürftig sind, hat aus einem großen Beobachtungsmaterial folgende Resultate ergeben. Die persönlichen Korrektionen eines geübten Beobachters halten sich im allgemeinen in den Grenzen weniger zehntel Sekunden; sie sind nicht konstant und nehmen außerdem mit wachsender Geschwindigkeit des Sternes zu.

In neuerer Zeit haben genaue, an mächtigen Fernrohren vorgenommene Ausmessungen von Doppelsternen und von Trabantengruppen unserer Hauptplaneten eigenartige und wichtige Aufschlüsse über ein anderes Gebiet persönlicher Korrektionen gewährt, die gleichfalls durch physiologisch-optische Fehlerquellen verursacht werden. Derartige, sicher nachgewiesene systematische Fehler sind gerade bei Doppelsternen von ganz besonderer Bedeutung; denn die Bahnen, welche diese interessanten, physisch zusammengehörenden Himmelskörper umeinander beschreiben, erscheinen dem Beobachter auf der Erde so klein, daß schon sehr geringe Messungsfehler einen höchst bedeutenden Einfluß auf die Bahnbestimmung erlangen können. Man gibt bei Doppelsternen ihre relative Stellung durch Distanz und Positionswinkel an; erstere wird in Einheiten der Bogensekunde, z. B. im

Digitized by Google

Mikrometerapparat mit einem beweglichen Faden gemessen; letztere wird in Gradteilen, von der Nordrichtung ab gerechnet, durch Einstellen fester, nur zirkular drehbarer Fäden parallel der Richtung beider Sterne am Positionskreise abgelesen. Am meisten sind nun die Messungen der Positionswinkel, viel weniger Distanzeinstellungen durch Fehler der Sinneswahrnehmung beeinflußt. Da kommt es darauf an, ob das Gesichtsfeld im Fernrohr hell erleuchtet und die Fäden dunkel sind, oder ob bei hell erleuchteten Fäden das Gesichtsfeld dunkel ist. Ferner ergeben Einstellungen auf den Faden, wenn also die Verbindungslinie der Sterne mit dem Meßfaden zur Deckung gebracht wird, andere und meist viel sicherere Resultate als Einstellungen zwischen die Fäden, wenn die Parallelität der Richtungen nur geschätzt wird. Außerdem spielt die Lage der Verbindungslinie beider Sterne zur Vertikalen und die dementsprechend einzunehmende Kopfhaltung des Beobachters eine wichtige Rolle. Endlich ist die Sicherheit der Positionswinkelschätzung auch von der Größe der Distanz der Komponenten eines Doppelsternsystems abhängig; sie wird geringer mit abnehmender Distanz. Im allgemeinen lassen sich Doppelsternbeobachtungen, bei denen es sich in letzter Instanz darum handelt, mehrere Punkte in eine gerade Linie zu stellen, nur mit Zuhilfenahme der Augenbewegungen und der sogenannten Raddrehungen des Auges bewerkstelligen. Solche Bewegungen sind aber, wie die Lehre von den Gesichtswahrnehmungen zeigt, mit starken systematischen Fehlern behaftet. Man erkennt hieraus, wie notwendig es ist, bei Doppelsternmessungen die persönlichen Korrektionen des Beobachters zu ermitteln. Dies geschieht am zweckmäßigsten mit Apparaten, welche künstliche Doppelsterngebilde mit bekannten Distanzen und beliebig zu variierenden Positionswinkeln auszumessen erlauben. Derartige Untersuchungen haben gezeigt, daß es Beobachter gibt, deren persönliche Korrektion nur wenige Minuten im Positionswinkel beträgt, während gelegentlich persönliche Korrektionen bis zu mehreren Graden vorkommen können.

Am Schluß dieses Abschnitts über die Fehler der Sinneswahrnehmung sei noch auf eine besonders aktuelle praktische Anwendung jenes überhaupt erst durch astronomische Präzisionsmessungen erschlossenen Gebietes hingewiesen, die mit dem Flugwesen zu tun hat. Bei der Bedienung der Steuerorgane eines Flugzeugs muß ein Pilot z. B. zur Gegenwirkung gegen seitliche Windstöße und Böen in ganz kleinen

Digitized by Google

Bruchteilen der Sekunde schnelle und richtige Bewegungen ausführen. Es handelt sich also hierbei tatsächlich um Wahrnehmungen, Einwirkungen auf das Nervensystem und dadurch ausgelöste Reflexbewegungen der Muskeln, die sämtlich innerhalb der physiologischen Zeit von ein bis zwei zehntel Sekunden vor sich gehen. Um in so kurzer Zeit derartig energische und für die Erhaltung der Stabilität des Flugzeugs wichtige, oft sogar lebensrettende Bewegungen auszuführen, bedarf es nicht nur einer großen Schulung der Nerven des Flugzeugführers, sondern auch der dauernden Bewahrung einer möglichst kleinen physiologischen Zeit z. B. durch Abstinenz von Alkohol, der, wie man festgestellt hat, sehr bald eine Verlängerung der Reaktionszeit für alle Sinneswahrnehmungen herbeiführt.

Im Verfolg dieser und damit zusammenhängender Anregungen des Verfassers sind in den letzten Jahren u. a. Einrichtungen bei der Kraftfahrtruppe getroffen worden, um aus der Zahl der sich meldenden Kraftfahrer die zum Lenken der Motorfahrzeuge geeignetsten Personen auszusuchen. Zu diesem Zweck sind besondere Laboratorien für experimentelle Eignungsuntersuchung eingerichtet worden, in denen mit Hilfe geeigneter Meßapparate die Auffassungszeit und Entschlußfähigkeit der sich meldenden Personen einwandfrei festgestellt werden konnte. Dadurch gelang es u. a., die Zahl und Größe der Autounfälle nicht unwesentlich zu vermindern.

Schlußbetrachtung.

Die im vorstehenden durchgeführten und nunmehr zum Abschluß gebrachten Darlegungen über die Bedeutung der Himmelskunde für das praktische Leben haben gezeigt, daß wichtige Gebiete der Kultur fortdauernd Förderung und Anregung von der Astronomie erfahren, ja sogar ohne jene Wissenschaft des Weltalls nicht bestehen können. Daher sollte dem Studium der Astronomie, jener hervorragendsten Anwendung der Mathematik, im geistigen Leben unseres Volkes stets auch die ihm gebührende Stellung gegeben werden.

Digitized by Google

Vom gleichen Verfasser erscheint:

Astronomisches Wörterbuch. (Teubners kleine Fachwörterbücher.) Geb. ca. . . . . M. 4.—

Himmelsbeobachtung mit bloßem Auge. Von Oberlehrer Fr. Rusch. Mit 30 Fig. u. einer Sternkarte als Doppeltafel. 1911. Geb. M. 3.—

Beobachtung des Himmels mit einfachen Instrumenten. Für Schüler und Liebhaber der Himmelskunde. Von Oberlehrer Fr. Rusch. Mit Abbildungen. 1919. Kart. . . . . M. 1.—

Theorie der Planetenbewegung. Von Dr. Paul Meth. Mit 17 Fig. und 1 Tafel. 1912. Kart. . . . . M. 1.—

Dreht sich die Erde? Von Prof. Dr. W. Brunner. Mit 19 Figuren. 1915. Kart. . . . . M. 1.—

Aus dem Luftmeer. Von Oberlehrer M. Sassenfeld. Mit 40 Abbildungen. 1912. . . . . M. 3.—

Mathematische Theorie der astronomischen Finsternisse Von Professor Dr. Paul Schwahn. Mit 20 Figuren. 1910. Steif geheftet M. 3.20, geb. . . . . M. 3.60

Über das System der Fixsterne. Von Professor Dr. K. Schwarzschild. 2. Aufl. Mit 13 Figuren. 1916. Geh. . . . . M. 1.20

Die Mechanik des Weltalls. Eine volkstümliche Darstellung der Lebensarbeit Joh. Keplers, besonders seiner Gesetze und Probleme. Von Direktor Dr. L. Günther. Mit 13 Figuren, 1 Tafel und vielen Tabellen. 1909. Geh. . . . . M. 2.50

Von Hipparch bis Bessel. Mathematische Streifzüge durch die Geschichte der Astronomie. Von Prof. Dr. P. Kirchberger. 1919. Kart. M. 1.—

Himmelsbild und Weltanschauung im Wandel der Zeiten. Von Prof. Troels-Lund. Autorisierte, vom Verfasser durchgesehene Übersetzung von L. Bloch. 4. Auflage. 1913. Geb. . . . . M. 5.—

Didaktik der Himmelskunde und der astronomischen Geographie. Mit Beiträgen von W. Foerster, K. Haas, M. Koppe, S. Oppenheim, A. Schülke. Von Prof. Dr. A. Höfler. Mit 2 Tafeln und 80 Figuren. 1913. Geb. . . . . M. 12.—

Schülerübungen in der elementaren Astronomie. Von Oberlehrer Dr. P. Schlee. 2. Aufl. 1915. . . . . M. —.50

Himmelsglobus aus Modelliernetzen, die Sterne durchzustechen und von innen heraus zu betrachten. Von Prof. Dr. A. Höfler. 2. Aufl. 1914. Ausg. I: 1. Das Netz des Globus (in 12 Zweiecken). 2. Das Laubsägemuster für das Gestell. 3. Die Kreiseinteilungen (auf Karton) für den Horizont und den Stundenring. 4. Anleitung zum Gebrauche des Himmelsglobus M. 2.—. Ausg. II: Das Gestell mit Kreisteilungen zum Zusammenstecken fertig. (1, 3, 4 wie bei I.) M. 12.—. Ausg. III: Gestell mit Globus fertig zum Gebrauch. (4 wie bei I) . . . M. 14.50

Auf sämtliche Preise Teuerungszuschläge des Verlages und der Buchhandlungen.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Digitized by Google

Dynamische Meteorologie. Von Prof. Dr. Felix M. Exner. Mit 68 Figuren im Text. 1917. Geh. M. 15.—, geb. . . . . M. 16.50

Das Buch gibt eine theoretische Darstellung der älteren und neuesten Ergebnisse und Probleme. Es werden zunächst die Gasgesetze für trockene und feuchte Luft und die allgemeinen hydrodynamischen Gleichungen dargelegt. Die folgenden Kapitel behandeln sodann die Statik, Kinematik und Dynamik der Atmosphäre, insbesondere den allgemeinen Kreislauf, die Dynamik zyklonaler Bewegungen, die unperiodischen Veränderungen an einem Orte der Atmosphäre, dieselben auch in synoptischer Darstellung. Das Schlußkapitel bringt eine Darstellung der periodischen Veränderungen.

Gaskugeln. Anwendungen der mechanischen Wärmetheorie auf kosmologische und meteorologische Probleme. Von R. Emden. Mit 24 Figuren, 12 Diagrammen und 5 Tafeln. 1907. Geb. . . . M. 13.—

Lehrbuch der kosmischen Physik. Von Prof. Dr. W. Trabert. Mit 149 Figuren und 1 Tafel. 1911. Geh. M. 20.—, geb. . . M. 22.—

Populäre Astrophysik. Von Prof. Dr. J. Scheiner. Mit 30 Tafeln und 210 Figuren. 2. Auflage. 1912. Geb. . . . . M. 14.—

Vorlesungen über die Physik der Sonne. Von Prof. E. Pringsheim. Mit 235 Abb. und 7 Tafeln. 1910. Geh. M. 16.–, geb. M. 18.—

Ebbe und Flut sowie verwandte Erscheinungen im Sonnensystem. Von G. H. Darwin. Deutsch von A. Pockels. 2. Auflage. 1911. Mit 52 Illustrationen. Geb. . . . . M. 8.—

Vorlesungen über Seismometrie. Von Fürst B. Galitzin. Deutsche Bearbeitung unter Mitwirkung von Clara Reinfeldt herausgegeben von Prof. O. Hecker. Mit 162 Abb. 1914. Geh. M. 22.—, geb. M. 24.—

Entwurf einer verallgemeinerten Relativitätstheorie und einer Theorie der Gravitation. I. Physikalischer Teil von Dr. A. Einstein, Professor am Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie, Berlin. II. Mathematischer Teil von Dr. M. Großmann, Professor an der Technischen Hochschule in Zürich. Geh. M. 1.20

Das Relativitätsprinzip. Eine Sammlung von Abhandlungen. Von Prof. Dr. H. A. Lorentz, Kurator d. physik. Labor. in Haarlem, Dr. A. Einstein, Prof. am Kaiser-Wilhelm-Inst. f. physik. Chemie, Berlin, Prof. Dr. H. Minkowski. Mit Anm. v. Dr. A. Sommerfeld, Prof. a. d. Univ. München, u. Vorwort v. Dr. O. Blumenthal, Prof. a. d. Techn. Hochsch. Aachen, u. 1 Bildn. H. Minkowskis. 2. Aufl. Steif M. 3.–, geb. M. 3.60

Das Relativitätsprinzip. Drei Vorlesungen, gehalten in Teylers Stiftung zu Haarlem. Von Dr. H. A. Lorentz, Kurator des physik. Labor. in Haarlem. Deutsch von Dr. W. H. Keesom. Geh. M. 1.40

Das Relativitätsprinzip. Eine Einführung in die Theorie von Dr. A. Brill, Prof. an der Universität Tübingen. 3. Aufl. Mit 6 Fig. i. Text. M. 2.–

Auf sämtliche Preise Teuerungszuschläge des Verlages und der Buchhandlungen

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Digitized by Google

ASTRONOMIE

Unter Redaktion von J. Hartmann-Göttingen. (Die Kultur der Gegenwart. Hrsg. von Prof. P. Hinneberg. Teil III, Abt. III, 3.) [U. d. Pr. 1919.]

Inhalt: Anfänge der Astronomie, Zusammenhänge mit der Religion: F. Boll. — Chronologie und Kalenderwesen: F. K. Ginzel. — Physik der Fixsterne: P. Guthnik. — Zeitmessung: J. Hartmann. — Astronomische Ortsbestimmung: L. Ambronn. — Erweiterung des Raumbegriffs: A. v. Flotow. — Mechanische Theorie des Planetensystems: J. v. Hepperger. — Physische Erforschung des Planetensystems: K. Graff. — Die Physik der Sonne: E. Pringsheim. — Die Physik der Fixsterne: F. W. Ristenpart. — Das Sternsystem: H. Kobold. — Beziehungen der Astronomie zu Kunst und Technik: L. Ambronn.

NATURPHILOSOPHIE

Unter Redaktion von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. C. Stumpf. Bearb. von Prof. Dr. E. Becher. (Die Kultur der Gegenwart. Hrsg. von Prof. P. Hinneberg. Teil III, Abt. VII, 1) Geh. M. 14.—, geb. M. 16.—, in Halbfranz M. 22.—

Inhalt: Einleitung. Aufgabe der Naturphilosophie. Naturerkenntnistheorie. Gesamtbild der Natur.

Der Autor skizziert zunächst kurz die Geschichte der Naturphilosophie und zeigt daran die hohen Aufgaben dieser Wissenschaft im Kulturleben der Gegenwart. Es folgt eine Untersuchung des Begriffes „Natur", dann die Naturerkenntnistheorie: eine Prüfung der Voraussetzungen der Naturforschung. Den Hauptteil bildet ein großzügiger Entwurf der eigentlichen Naturphilosophie, der ein modernes Gesamtbild der Natur liefert.

„Es ist dem Verfasser gelungen, in klarer, anregender, für jeden Gebildeten verständlicher Weise seinen Stoff vorzutragen. Nirgends, auch bei der Erörterung der schwierigsten Probleme nicht, verliert er sich in weitschweifigen Erörterungen; immer weiß er die hauptsächlichsten Meinungen scharf und präzis hervorzuheben, daß wir ein klares Bild von dem gegenwärtigen Stande unserer Naturerkenntnis erhalten. So ist dies Buch jedem zu empfehlen.. " (Nord und Süd.)

PHYSIK

Unter Redaktion von Prof. Dr. E. Warburg. Mit 106 Abbildungen. (Die Kultur der Gegenwart. Hrsg. von Prof. P. Hinneberg. Teil III, Abt. III, 1.) Geheftet M. 22.—, gebunden M. 26.—, in Halbfranz M. 32.—

Inhalt: I. Mechanik: E. Wiechert. II. Akustik: F. Auerbach. III. Wärme: E. Dorn, A. Einstein, F. Henning, L. Holborn, W. Jäger, H. Rubens, E. Warburg, W. Wien. IV. Elektrizität: F. Braun, J. Elster, R. Gans, E. Gehrcke, H. Geitel, E. Gumlich, W. Kaufmann, E. Lecher, H. A. Lorentz, St. Meyer, O. Reichenheim, F. Richarz, E. v. Schweidler, H. Starke, M. Wien. V. Optik: F. Exner, E. Gehrcke, O. Lummer, O. Wiener, P. Zeeman. VI. Allgemeine Gesetze und Gesichtspunkte: A. Einstein, F. Hasenöhrl, M. Planck, W. Voigt, E. Warburg.

CHEMIE

Unter Redaktion von Geh. Hofrat Prof. Dr. E. v. Meyer. Allgem. Kristallographie u. Mineralogie. Unt. Red. von Geh. Hof- u. Reg.-Rat Prof. Dr. Fr. Rinne. Mit 53 Abb. (Die Kultur der Gegenwart. Hrsg. von Prof. P. Hinneberg. Teil III, Abt. III, 2.) Geh. M. 18.—, geb. M. 20.—, in Halbfranz M. 26.—

Inhalt: Entwicklung der Chemie von Robert Boyle bis Lavoisier (1660—1793): E. v. Meyer. Die Entwicklung der Chemie im 19. Jahrhundert durch Begründung und Ausbau der Atomtheorie: E. v. Meyer. Anorganische Chemie: C. Engler und L. Wöhler. Organische Chemie: O. Wallach. Physikalische Chemie: R. Luther und W. Nernst. Photochemie: R. Luther. Elektrochemie: M. Le Blanc. Beziehungen der Chemie zur Physiologie: A. Kossel. Beziehungen der Chemie zum Ackerbau: † O. Keller und R. Immendorf. Wechselwirkungen zwischen der chemischen Forschung und der chemischen Technik: O. Witt. Allgemeine Kristallographie und Mineralogie: Fr. Rinne.

Auf sämtliche Preise Teuerungszuschläge des Verlages und der Buchhandlungen

Digitized by Google

Aus Natur und Geisteswelt

Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen aus allen Gebieten des Wissens

Jeder Band ist einzeln käuflich

Kartoniert M. 1.60,*) gebunden M. 1.90*)

Verlag B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Verzeichnis der bisher erschienenen Bände innerhalb der Wissenschaften alphabetisch geordnet

Werke, die mehrere Bände umfassen, auch in einem Band gebunden erhältlich

I. Religion, Philosophie und Psychologie.

Ästhetik. Von Prof. Dr. R. Hamann 2. Aufl. (Bd. 345.)
— Einführung in die Geschichte der Ä. Von Dr. H. Nohl. (Bd. 602.)
Astrologie siehe Sternglaube.
Aufgaben u. Ziele d. Menschenlebens. Von Prof. Dr. J. Unold. 5. Aufl. (Bd. 12.)
Bergpredigt, Die. Von Prof. D. Dr. H. Weinel. (Bd. 710.)
Bergson, Henri, der Philosoph moderner Relig. Von Pfarrer Dr. E. Ott. (Bd. 480.)
Berkeley siehe Locke, Berkeley, Hume.
Buddha. Leben u. Lehre d. B. V. Prof. Dr. R. Pischel. 3. A., durchges. v. Prof. Dr. H. Lüders. M. 1 Tb. u. 1 T. (109.)
Calvin, Johann. Von Pfarrer Dr. G. Sodeur. Mit 1 Bildnis. 2. Aufl. (Bd. 247.)
Christentum. Aus der Werdezeit des Chr. Studien u. Charakteristiken. V. Prof. Dr. J. Geffcken. 2. Aufl. (Bd. 54.)
— Die Religion des Urchristentums. Von Prof. D. Dr. H. Windisch. (Bd. 641.)
— Christentum und Weltgeschichte seit der Reformation. Von Prof. D. Dr. K. Sell. 2 Bde. (Bd. 297. 298.)
— siehe Jesus, Kirche, Mystik im Christent.
Ethik. Grundzüge d. E. M. bes. Berücksicht. d. päd. Probl. V. E. Wentscher. (397.)
— s. a. Aufg. u. Ziele, Sexualethik, Sittl. Lebensanschauungen, Willensfreiheit.
Freimaurerei, Die. Eine Einführung in ihre Anschauungswelt u. ihre Geschichte. Von Geh. Rat Dr. L. Keller. 2. Aufl. von Geh. Archivrat Dr. G. Schuster. (463.)
Griechische Religion siehe Religion.
Handschriftenbeurteilung, Die. Eine Einführung in die Psychol. d. Handschrift. Von Prof. Dr. G. Schneidemühl. 2., durchges. u. erw. Aufl. Mit 51 Handschriftennachbild. i. T. u. 1 Taf. (Bd. 14.)
Heidentum siehe Mystik.
Hellenistische Religion siehe Religion.
Herbarts Lehren und Leben. Von Pastor O. Flügel. 2. Aufl. Mit 1 Bildnis Herbarts. (Bd. 164.)
Hume siehe Locke, Berkeley, Hume.
Hypnotismus und Suggestion. Von Dr. E. Trömner. 3. Aufl. (Bd. 199.)
Jesuiten, Die. Eine histor. Skizze. Von Prof. Dr. H. Boehmer. 4. Aufl. (Bd. 49.)
Jesus. Wahrheit und Dichtung im Leben Jesu. Von Kirchenrat Pfarrer D. Dr. P. Mehlhorn. 2. Aufl. (Bd. 137.)
— Die Gleichnisse Jesu. Zugleich Anleitung zum quellenmäßigen Verständnis der Evangelien. Von Prof. D. Dr. H. Weinel. 4. Aufl. (Bd. 46.)
— s. auch Bergpredigt.
Israelitische Religion siehe Religion.
Kant, Immanuel. Darstellung und Würdigung. Von Prof. Dr. O. Külpe. 4. Aufl. hrsg. v. Prof. Dr. A. Messer. Mit 1 Bildnis Kants. (Bd. 146.)
Kirche. Geschichte der christlichen Kirche. Von Prof. Dr. H. Frhr. v. Soden: I. Die Entstehung der christlichen Kirche. (Bd. 690.) II. Vom Urchristentum zum Katholizismus. (Bd. 691.)
— siehe auch Staat und Kirche.
Kriminalpsychologie s. Psychologie d. Verbrechers, Handschriftenbeurteilung.
Kulturreligionen s. Religion.
Leben. Das L. nach dem Tode i. Glauben der Menschheit. Von Prof. Dr. C. Clemen. (Bd. 506.)
Lebensanschauungen siehe Sittliche L.
Leib und Seele. Von Dr. phil. et med. G. Sommer. (Bd. 702.)
Locke, Berkeley, Hume. Die großen engl. Philos. Von Oberlehrer Dr. P. Thormeyer. (Bd. 481.)
Logik. Grundriß d. L. Von Dr. K. J. Grau. (Bd. 637.)
Luther. Martin L. u. d. deutsche Reformation. Von Prof. Dr. W. Köhler. 2. Aufl. Mit 1 Bildnis Luthers. (Bd. 515.)
— s. auch Von B. zu Bismarck Abt. IV.
Mechanik d. Geisteslebens, Die. V. Geh. Medizinalrat Direktor Prof. Dr. M. Verworn. 4. A. M. 19 Abb. (Bd. 200.)

*) Hierzu Teuerungszuschläge des Verlags und der Buchhandlungen.

ANuG 2 19. 409 T.

Digitized by Google

Mission. Die evangelische. Geschichte. Arbeitsweise. Heutiger Stand. V. Pastor E. Baudert. (Bd. 406.)
Mystik in Heidentum u. Christentum. V. Prof. Dr. Edv. Lehmann. 2. Aufl. V. Verf. durchges. Übersetz. v. Anna Grundtvig geb. Quittenbaum. (Bd. 217.)
Mythologie, Germanische. Von Prof. Dr. F. von Negelein. 3. Aufl. (Bd. 95.)
Naturphilosophie. Die moderne. V. Priv.-Doz. Dr. J. M. Verweyen. 2. A. (191.)
Palästina und seine Geschichte. Von Prof. Dr. H. Frh. v. Soden. 4. Aufl. Mit 1 Plan von Jerusalem und 3 Ansichten des Heiligen Landes (Bd 6.)
— V. u. i. Kultur in 5 Jahrtausenden. Nach d. neuest Ausgrabgn. u. Forschgn. dargest. von Prof. Dr. V. Thomsen. 2., neubearb Aufl. M. 37 Abb. (260.)
Paulus. Der Apostel, u. sein Werk. Von Prof Dr E Bischer (Bd. 309)
Philosophie, Die. Einführ. i. d. Wissensch., ihr Wes. u. ihre Probleme. Von Oberrealschuldir. H. Richert. 3. Aufl. (186.)
— Einführung in die Ph. Von Prof. Dr. R. Richter. 4. Aufl. von Priv.-Doz Dr M Brahn (Bd. 155.)
— Führende Denker. Geschichtl. Einleit. in die Philosophie. Von Prof Dr J. Cohn. 4. Aufl. Mit 6 Bildn. (Bd. 176.)
— Die Phil. d. Gegenw. in Deutschland. V. Prof. Dr. O. Külpe. 6. Aufl. (41.)
Poetik. Von Dr. R. Müller-Freienfels. (Bd. 460.)
Psychologie. Einführ. i. d. Ps. V. Prof Dr. E. von Aster. 2. Aft. M. 4 Abb. (492.)
— Psychologie d. Kindes. V. Prof Dr. R. Gaupp. 4. Aufl. M. 17 Abb. (213 214.)
— Psychologie d. Verbrechers. (Kriminalpsychol.) V. Strafanstaltsdir. Dr. med. P. Vollitz. 2. Aufl. M. 5 Diagr. (Bd. 248.)
— Einführung in die experiment. Psychologie. Von Prof. Dr. N Braunshausen. 2. Afl. M. 17 Abb. i. T. (484.)
— s. auch Handschriftenbeurteilg., Hypnotismus u. Sugg., Mechanik d. Geisteslebens, Poetik, Seele d. Menschen, Verantwortg u. Vererb., Willensfreiheit; Pädag. Abt. II.
Reformation siehe Calvin. Luther.
Religion. Die Stellung der R. im Geistesleben. Von Konsistorialrat Lic. Dr. P. Kalweit. 2. Aufl (Bd. 225.)
— Relig. u. Philosophie im alten Orient. Von Prof. Dr. E. von Aster. (Bd. 521)
— Einführung in die allg. R.-Geschichte. Von Prof D Dr K Beth. (Bd. 658.)
— Die nichtchristlichen Kulturreligionen in ihrem gegenwärtigen Zustand. Von Prof. Dr C. Clemen. (Bd. 533.)
— Die Religion der Griechen. Von Prof. Dr. E. Samter. M. Bilderanh. (Bd. 457.)
— Hellenistisch-röm. Religionsgesch. Von Hofprediger. Lic. A. Jacoby. (Bd. 584.)
Religion. D. Grundbeg. d. israel. Religionsgesch. V. Prof. D. Fr Giesebrecht. 3. A. V. Prof. D. A. Bertholet. (52.)
— Religion u. Naturwissensch. in Kampf u. Friede. E. geschichtl. Rückbl. V. Pfarr. Dr. A Pfannkuche 2. A. (Bd. 141.)
— Die religiösen Strömungen der Gegenwart. V. Sup. D. A. H. Graafch. 3. A. (66.)
— s. a. Bergson. Buddha. Calvin. Christentum. Luther.
Rousseau. Von Prof Dr. B. Henkel. 3. Aufl. Mit 1 Bildnis. (Bd. 180.)
Schopenhauer. Seine Persönlichk., s. Lehre, s. Bedeutg. V. Oberrealschuldir. H. Richert. 3. Aufl. Mit 1 Bildnis. (Bd. 81.)
Seele des Menschen. Die. Von Geh Rat Prof. Dr. J. Rehmke. 4 Aufl. (Bd. 36.)
— siehe Leib u. Seele. auch Psychologie.
Sexualethik. Von Prof. Dr. H. E. Timerding. (Bd. 592.)
Sinne d. Menschen. D. Sinnesorgane und Sinnesempfind. V. Hofr. Prof Dr J. K. Kreibig. 3., orb. A M 30 Abb. (27.)
Sittl. Lebensanschauungen d. Gegenwart. V. Gh. Kirchenr. Prof. D. O. Kirn. 3. A. V. Prof. D. Dr O. Stephan. (177.)
— s. a. Ethik. Sexualethik.
Spencer, Herbert. Von Dr. K. Schwarze. Mit 1 Bildnis. (Bd 245.)
Staat und Kirche in ihrem gegenseitigen Verhältnis seit der Reformation Von Pfarr. Dr. A. Pfannkuche. (Bd. 485.)
Sternglaube und Sterndeutung Die Geschichte u. d. Wes. d. Astrolog Unt. Mitw. v. Geh Rat Prof. Dr F. Boezold dargest. v. Geh. Hofr. Prof Dr Fr Boll. 2. Aufl. M. 1 Sternk. u. 20 Abb. (Bd. 638.)
Suggestion s. Hypnotismus
Testament. Das Alte. Seine Gesch. u. Bedeutg. V Prof Dr. V. Thomsen. (609.)
— Neues. Der Text d. N. T. nach s. geschichtl. Entwickl. V. Div.-Pfarr Prof. Lic. A Bott. 2. Afl M Taf Bd 134.)
Theologie. Einführung in die Theologie. Von Pastor M. Cornils Bd 347.)
Veranlagung u. Vererbung. Geistige. V. Dr. phil. et med. G. Sommer. (Bd. 512.)
Urchristentum siehe Christentum.
Weltanschauung. Griechische. Von Prof. Dr M Wundt. 2. Aufl. (Bd. 329.)
Weltanschauungen. D., d. großen Philosophen der Neuzeit. Von Prof. Dr. L. Busse. 6. Aufl., hrsg. v. Geh. Hofrat Prof. Dr. R. Falckenberg. (Bd 56.)
Weltentstehung. Entsteh. d. W. u. d. Erde nach Sage u. Wissenschaft Von Prof. Dr. M B Weinstein 3. Aufl. Bd. 223.
Weltuntergang. Untergang der Welt und der Erde nach Sage und Wissenschaft. V. Prof Dr M B. Weinstein Bd 470.)
Willensfreiheit. Das Problem der W Von Prof. Dr. G. F. Lipps 2. Afl. (Bd. 383.)
— s. a. Ethik. Mechan. d. Geisteslebens. Psychol.

Digitized by Google

II. Pädagogik und Bildungswesen.

Berufswahl. Begabung u. Arbeitsleistung in ihren gegenseitigen Beziehungen Von W. J. Ruttmann. M. 7 Abb. (Bd. 522.)

Bildungswesen, D. deutsche, in s. geschichtlichen Entwicklung. Von Prof. Dr. Fr. Paulsen. 3. Aufl. Von Prof. Dr. M. Münch. M. Bildn. Paulsens. (Bd. 100.)
— s. auch Volksbildungswesen.

Erziehung, E. zur Arbeit. Von Prof. Dr. Edv. Lehmann. (Bd. 459.)
— **Deutsche E. in Haus u. Schule.** Von J. Tews. 3. Aufl. (Bd. 159.)
— siehe auch Großstadtpädagogik.

Fortbildungsschulwesen, Das deutsche. Von Dir. Dr. F. Schilling. (Bd. 256.)

Fröbel, Friedrich. Von Dr. Joh. Prüfer. Mit 1 Tafel. (Bd. 82.)

Großstadtpädagogik. V. J. Tews. (327.)
— siehe Erzieh., Schulkämpfe d. Gegenw.

Herbarts Lehren und Leben. Von Pastor O. Flügel. 2. Aufl. Mit 1 Bildnis Herbarts. (Bd. 164.)

Hochschulen s. Techn. Hochschulen u. Univ.

Jugendpflege. Von Fortbildungsschullehrer W. Wiemann. (Bd. 434.)

Leibesübungen siehe Abt. V

Mittelschule s. Volks- u. Mittelschule.

Pädagogik, Allgemeine. Von Prof. Dr. Th. Ziegler. 4. Aufl. (Bd. 53.)
— **Experimentelle P. mit bes. Rücksicht auf die Erzieh. durch die Tat.** Von Dr. W. A. Lay. 3., verb. A. M. 6 Abb. (Bd. 224.)
— s. Erzieh., Großstadtpäd.; Handschriftenbeurteilung, Psychol., Veranlag. u. Vererb. Abt. I.

Pestalozzi. Leben und Ideen. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. P. Natorp. 3. Aufl. Mit Bildn. u. 1 Brieffaksimile. (Bd. 200.)

Rousseau. Von Prof. Dr. B. Henkel. 3. Aufl. Mit 1 Bildnis. (Bd. 180.)

Schule siehe Fortbildungs-, Hilfsschulwes., Techn. Hoch-, Mädch.-, Volksschule, Univ.

Schulhygiene. Von Prof. Dr. S. Burgerstein. 3. Aufl. M. 33 Fig. (Bd. 96.)

Schulkämpfe d. Gegenw. Von J. Tews. 2. Aufl. (Bd. 111.)
— siehe Erziehung, Großstadtpäd.

Studium, Das Leipziger, von 1409 bis 1909. Von Dr. W. Bruchmüller. Mit 25 Abb. (Bd. 278.)

Studententum, Geschichte des deutschen St. Von Dr. W. Bruchmüller. (Bd. 177.)

Techn. Hochschulen in Nordamerika. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. S. Müller. M. zahlr. Abb., Karte u. Tagevl. (190.)

Universitäten, Über U. u. Universitätsstud. V. Prof. Dr. Th. Ziegler. Mit 1 Bildn. Humboldts. (Bd. 411.)

Unterrichtswesen, Das deutsche, der Gegenwart. Von Geh. Studienrat Oberrealschuldir. Dr. K. Knabe. (Bd. 299.)

Volksbildungswesen, Das modern. V. Stadtbibl. Prof. Dr. G. Fritz. M. 14 Abb. (266.)

Volks- und Mittelschule. Die preußische, Entwicklung und Ziele. Von Geh. Reg.- u. Schulrat Dr. A. Sachse. (Bd. 432.)

Zeichenkunst. Der Weg zur Z. Ein Buch f. theor. u. prakt. Selbstbd. V. Dr. E. Weber. 2. A. M. 81 Abb. u. 1 Farbt. (430.)

III. Sprache, Literatur, Bildende Kunst und Musik.

Architektur siehe Baukunst und Renaissancearchitektur.

Ästhetik. Von Prof. Dr. R. Hamann. 2. Aufl. (Bd. 345.)
— **Einführung i. d. Geschichte d. Ä.** Von Dr. H. Nohl. (Bd. 602.)

Baukunst. Deutsche B. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Matthaei. 4 Bde. I. Deutsche Baukunst im Mittelalter. B. d. Anf. b. z. Ausgang d. roman. Baukunst. 4. Aufl. Mit 35 Abb. (Bd. 8.) II. Gotik u. „Spätgotik". 4. Aufl. Mit 67 Abb. (Bd. 9.) III. Deutsche Baukunst in d. Renaissance u. d. Barockzeit b. z. Ausg. d. 18. Jahrh. 2. Aufl. Mit 63 Abb. i. Text. (Bd. 326.) IV. Deutsche B. im 19. Jahrh. Mit 35 Abb. (Bd. 453.)
— siehe auch Renaissancearchitektur.

Beethoven siehe Händn

Bildende Kunst, Bau und Leben der b. K. Von Dir. Prof. Dr. Th. Volbehr. 2. Aufl. Mit 44 Abb. (Bd. 68.)
— siehe auch Baukunst, Griech. Kunst, Impressionismus, Kunst, Maler, Malerei, Stile.

Bjørnson siehe Ibsen.

Buch, Wie ein B. entsteht siehe Abt. VI.
— s. auch Schrift- u. Buchwesen Abt. IV.

Dekorative Kunst d. Altertums. V. Dr. Fr. Poulsen. M. 112 Abb. (Bd. 454.)

Deutsch siehe Baukunst, Drama, Frauendichtung, Heldensage, Kunst, Literatur, Lyrik, Maler, Malerei, Personennamen, Romantik, Sprache, Volkslied, Volkslage.

Drama, Das. Von Dr. H. Busse. Mit Abb. 3 Bde. I: Von d. Antike z. frz. Klassizismus. 2. A., neub. v. Oberl. Dr. Riedl. Prof. Dr. K. Kinzelmann u. Prof. Dr. Glaser. M. 3 Abb. II: Von Versailles bis Weimar. 2. Aufl. III: Von d. Romantik z. Gegenwart. (In Vorb.)

Drama, D. deutsche, d. 19. Jahrh. Z. s. Entwickl. dgest. v. Prof. Dr. G. Witkowski. 4. Aufl. M. Bildn. Hebbels. (Bd. 51.)
— siehe auch Grillparzer, Hauptmann, Hebbel, Ibsen, Lessing, Literatur, Schiller, Shakespeare, Theater.

Dürer, Albrecht. V. Prof. Dr. R. Hamann. 2. Aufl. von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Matthaei. Mit Titelb. u. zahlr. Abbildungen. (Bd. 97.)

Digitized by Google

Französisch siehe Roman.
Frauendichtung. Geschichte der deutschen F. seit 1800. Von Dr. H. Spiero. Mit 3 Bildnissen auf 1 Tafel. (Bd. 390.)
Fremdwortkunde. Von Dr. E. Richter. Gartenkunst siehe Abt. VI. (Bd. 570.)
Griech. Komödie. Die. V. Geh.-Rat. Prof. Dr. A. Kotte. M. Titelb. u. 2 Taf. (400.)
Griechische Kunst. Die Blütezeit der g. K. im Spiegel der Reliefsarkophage. Eine Einf. i. d. griech. Plastik. V. Prof. Dr. H. Wachtler. 2. A. M. zahlr. Abb. (272.)
— siehe auch Dekorative Kunst.
Griech. Tragödie. Die. V. Prof. Dr. J. Geffcken. M. 5 Abb. i. T. u. a. 1 Taf. (566.)
Grillparzer, Franz. Von Prof. Dr. A. Kleinberg. M. Bildn. (Bd. 513.)
Harmonielehre. Von Dr. H. Scholz. (Bd. 703 04.)
Harmonium s. Tasteninstrum.
Hauptmann, Gerhart. V. Prof. Dr. E. Sulger-Gebing. Mit 1 Bildn. 2., verb. u. verm. Aufl. (Bd. 283.)
Haydn, Mozart, Beethoven. V. n Prof. Dr. C. Krebs. 2 Aufl. M. 4 Bildn. (92.)
Hebbel, Friedrich. V. Geh. Hofr. Prof. Dr. O. Walzel. 2 A. M. 1 Bildn. (408.)
Heldensage. Die germanische. Von Dr. J. W. Bruinier. (Bd. 486.)
— siehe auch Volkssage.
Homerische Dichtung. Die. Von Rektor Dr. G. Finsler. (Bd. 496.)
Ibsen, Björnson u. i. Zeitgenossen. Von Prof. Dr. B. Kahle. 2 Aufl. v. Dr. G. Morgenstern. M. 7 Bildn. (Bd 198.)
Impressionismus. Die Maler des I. Von Prof. Dr. B. Lázár. 2. A. M. 32 Abb. u. 1 farb. Tafel. (Bd. 395.)
Instrumente s. Tasteninstrum., Orchester.
Klavier siehe Tasteninstrumente.
Komödie siehe Griech. Komödie.
Kunst. Das Werden der deutschen bildenden K. Von Geh. Rat Prof. Dr. H. Thode. (Bd. 585.)
— s. a. Bauk., Bild., Dekor., Griech. K.; Pompeji. Stile: Gartenk. Abt VI.
Kunstpflege im Haus u. Heimat. 3. Aufl. Mit Abb. (Bd. 77.)
Lessing. Von Dr. Ch. Schrempf. Mit einem Bildnis. (Bd. 403.)
Literatur. Entwickl. der deutsch. L. seit Goethes Tod. V. Dr. W. Brecht. (595.)
Lyrik. Geschichte d. deutsch. L. s. Claudius. V. Dr. H. Spiero. 2. Aufl. (Bd. 254.)
— siehe auch Frauendichtung, Literatur, Minnesang, Volkslied.
Maler. Die altdeutschen, in Süddeutschland. Von H. Nemitz. Mit 1 Abb. i. Text und Bilderanhang. (Bd. 464.)
— s. Michelangelo, Impression. Rembrandt.
Malerei. Die deutsche, im 19. Jahrh. Von Prof. Dr. R. Hamann. 2 Bde. Text. 2. Bde m. 57 ganzseit. u. 200 halbf. Abb., a. i. Geschkausg. erhältl. (Bd. 448—451.)
Malerei, Niederl. M. i. 17. Jahrh. V. Prof. Dr. H. Jansen. Mit 37 Abb.
— siehe auch Rembrandt. [(Bd. 373.)
Märchen s. Volksmärchen.
Michelangelo. Eine Einführung in das Verständnis seiner Werke. V. Prof. Dr. F. Hildebrandt. Mit 44 Abb (392.)
Minnesang. D. Liebe i. Liede d. dtsch. Mittelalt. V. Dr. J. W. Bruinier. (404.)
Mozart siehe Haydn.
Musik. Die Grundlagen d. Tonkunst. Versuch einer entwicklungsgesch. Darstell. d. allg. Musiklehre. Von Prof. Dr. H. Rietsch. 2. Aufl. (Bd. 178.)
— **Musikalische Kompositionsformen.** V. E. G. Kallenberg. Band I: Die elementar. Tonverbindungen als Grundlage d. Harmonielehre. Bd. II: Kontrapunktik u. Formenlehre. (Bd. 412, 413.)
— **Geschichte der Musik.** Von Dr. A. Einstein. (Bd 438.)
— **Beispielsammlung zur älteren Musikgeschichte** B. Dr. A. Einstein (439.)
— **Musikal. Romantik. Die Blütezeit d. m. R. in Deutschland.** Von Dr. E. Istel. Mit 1 Silhouette (Bd. 239.)
— s. a. Haydn, Mozart, Beethoven, Oper, Orchester, Tasteninstrumente, Wagner.
Mythologie. Germanische Von Prof. Dr. J. v. Negelein. 3. Aufl. (Bd. 95.)
— siehe auch Volkssage. Deutsche.
Niederländische Malerei s. Malerei.
Novelle siehe Roman.
Oper. Die moderne. Vom Tode Wagners bis zum Weltkrieg (1883—1914). Von Dr. E. Istel. Mit 3 Bildn. (Bd. 495.)
— siehe auch Haydn, Wagner.
Orchester. Das moderne Orchester. Von Prof. Dr. Fr. Volbach. I: Die Instrumente b. O (Bd. 384.) II. D. mod. O. i. s. Entwickig. 2. Aufl. (Bd. 308.)
Orgel siehe Tasteninstrumente.
Personennamen. D. deutsch. V. Geh. Studienrat A. Bähnisch. 2. A. (Bd. 296.)
Perspektive, Grundzüge der P. nebst Anwendungen. Von Prof. Dr. K. Doehlemann. Mit 91 Fig. u. 11 Abb. (510.)
Phonetik. Einführ. i. d. Ph. Wiew. sprechen. V. Dr. E. Richter. M. 20 A. (354.)
Photographie. D. künstler. Ihre Entwickig., ihre Probl., i. Bedeutg. V. Dr. W. Warstat. 2., vrb. Aufl. M. Bilderanh. (410.)
— s. auch Photographie Abt. VI.
Plastik s. Griech. Kunst, Michelangelo.
Poetik. Von Dr. R. Müller-Freienfels. (Bd. 460.)
Pompeji. Eine hellenist. Stadt in Italien. Von Prof. Dr. Fr. v. Duhn. 3. Aufl. M. 62 Abb. i. T. u. auf 1 Taf., sowie 1 Plan. (Bd. 114.)
Projektionslehre. In kurzer leichtfaßlicher Darstellung f. Selbstunterr. und Schulgebrauch. V. Zeichenl. A. Schubeisius. Mit 164 Fig. (Bd. 564.)

Digitized by Google

Rembrandt. Von Prof. Dr. V. Schubring. 2. Aufl. Mit 48 Abb. auf 28 Taf. i. Anh. (Bd. 158.)

Renaissancearchitektur in Italien. Von Dr. P. Frankl. 2 Bde. I. M. 12 Taf. u. 27 Textabb. II. M. Abb. (Bd. 381/382.)

Rhetorik. Von Prof. Dr. E. Geißler. 2. Bde. 2. Aufl. I. Richtlinien für die Kunst des Sprechens. II. Deutsche Redekunst. (Bd. 455/456.)

Roman. Der französische Roman und die Novelle. Ihre Geschichte v. d. Anf. b. z. Gegenw. Von O. Flake. (Bd. 377.)

Romantik, Deutsche. V. Geh. Hofrat Prof. Dr. O. F. Walzel. 4. Aufl. I. Die Weltanschauung. II. Die Dichtung. (Bd. 232/233.)

— **Die Blütezeit der mus. R. in Deutschland.** Von Dr. E. Istel. (Bd. 239.)

Sage siehe Heldensage. Mythol., Volkssage.

Schauspieler, Der. Von Prof. Dr. Ferdinand Gregori. (Bd. 692.)

Schiller. Von Prof. Dr. Th. Ziegler. Mit 1 Bildn. 3. Aufl. (Bd. 74.)

Schillers Dramen. Von Progymnasialdirektor E. Heusermann (Bd 493.)

Shakespeare und seine Zeit. Von Prof. Dr. E. Sieper. M. 3 Abb. 2. Aufl. (185.)

Sprache. Die Haupttypen des menschlich. Sprachaus. Von Prof Dr. F. N. Finck. 2. Aufl. v. Prof. Dr. E. Kieckers. (268.)

— **Die deutsche Sprache von heute.** Von Dr. W Fischer. (Bd. 475.)

— **Fremdwortkunde.** Von Dr Elise Richter. (Bd. 570.)

— siehe auch Phonetik, Rhetorik; ebenso Sprache u. Stimme Abt. V.

Sprachstämme, Die, des Erdkreises. Von Prof Dr. F. N. Finck. 2 Aufl. (Bd. 267.)

Sprachwissenschaft. Von Prof. Dr. Kr. Sandfeld-Jensen. (Bd. 472.)

Stile. Die Entwicklungsgesch. d. St. in der bild. Kunst. V. Dr. E. Cohn-Wiener. 2. Aufl. I.: V. Altertum b. z. Gotik. M. 66 Abb. II.: V. b. Renaissance b. z. Gegenwart. Mit 42 Abb. (Bd. 317/318.)

Tasteninstrumente. Klavier. Orgel. Harmonium. Das Wesen der Tasteninstrumente. V. Prof. Dr. O. Bie. (Bd. 325.)

Theater, Das. Schauspielhaus u. -kunst v. griech. Altert. bis auf d. Gegenw. V. Prof. Dr. Chr. Gaehde. 2. A. 18 Abb. (Bd. 230.)

Tragödie s. Griech Tragödie.

— siehe auch Schauspieler.

Urheberrecht siehe Abt. VI.

Volkslied, Das deutsche. Über Wesen und Werden d. deutschen Volksgesanges. Von Dr. J. W. Brunner. 5. Aufl. (Bd. 7.)

Volksmärchen, Das deutsche. V. Pfarrer K. Spieß. (Bd. 587.)

Volkssage, Die deutsche, übersichtl. dargest. v. Dr. O. Böckel. 2. Aufl. (Bd. 262.)

— siehe auch Heldensage. Mythologie

Wagner, Das Kunstwerk Richard W.s. Von Dr. E. Istel. M. 1 Bildn. 2. Aufl. (3.0.)

— siehe auch Musikal. Romantik u. Oper.

Zeichenkunst. Der Weg z. Z. Ein Büchlein für theoretische und praktische Selbstbildung. Von Dr. E. Weber. 2. Aufl. Mit 81 Abb. u. 1 Farbtafel. (Bd. 430.)

— s. auch Perspektive, Projektionslehre; Geomtr. Zeichnen Abt. V. Techn. Abt. VI.

Zeitungswesen. V. Dr. H. Dietz. (Bd. 328.)

IV. Geschichte, Kulturgeschichte und Geographie.

Alpen, Die. Von H. Reishauer. 2., neub. Aufl. von Dr. H. Slanar. Mit 26 Abb. und 2 Karten. (Bd. 276.)

Altertum, Das, im Leben der Gegenwart. V. Prov.-Schul- u. Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. V. Cauer. 2. Aufl. (Bd. 356.)

— **D. Altertum, seine staatliche u. geistige Entwicklung und deren Nachwirkungen.** Von Oberlehr. H. Preller. (Bd. 642.)

Amerika. Gesch. d. Verein. Staaten v. A. v. Prof. Dr. E. Daenell. 2 A. (Bd. 147.)

Amerikaner, Die. V. M. Butler. Dtsch. v. Prof. Dr. W. Paszkowski. (319.)

Antike Wirtschaftsgeschichte. V. Privatdoz. Dr. O. Neurath. 2. Auflage. (Bd. 258.)

Antikes Leben nach den ägyptischen Papyri. Von Geh. Postrat Prof. Dr. Fr. Preisigke. Mit 1 Tafel. (Bd. 565.)

Arbeiterbewegung s. Soziale Bewegungen.

Australien und Neuseeland. Land, Leute und Wirtschaft. Von Prof. Dr. R. Schachner. Mit 23 Abb. (Bd. 366.)

Babylonische Kultur, Die, i. Verbreit. u. i. Nachwirkungen auf d. Gegenw. V. Prof. Dr. F. C. Lehmann-Haupt. (Bd. 579.)

Baltische Provinzen. V. Dr. V. Tornius. 3. Aufl. M. 8 Abb. u. 2 Kartenskz. (Bd. 542.)

Bauernhaus. Kulturgeschichte des deutschen V. Von Baurat Dr.-Ing. Chr Rauck. 3. Aufl. Mit Abb. (Bd. 121.)

Bauernstand. Gesch. d. dtsch. V. V. Prof. Dr. H. Gerdes. 2., verb. Aufl. Mit 22 Abb. i. Text (Bd. 320.)

Belgien. Von Dr. V. Oswald. 3. Aufl. Mit 4 Karten i. T. (Bd. 501.)

Bismarck und seine Zeit. Von Professor Dr. V. Valentin. Mit einem Titelbild. 4., durchges. Aufl. (Bd. 500.)

Böhmen. Zur Einführung in die böhmische Frage. Von Prof. Dr. R. F. Kaindl. Mit 1 Karte. (Bd. 701.)

Brandenburg.-preuß. Gesch. Von Archivar Dr. Fr. Israel. 2 Bde. I. Von d. ersten Anfängen b. z. Tode König Fr. Wilhelms I. 1740. II. Von dem Regierungsantritt Friedrichs d. Gr. bis zur Gegenwart. (Bd. 440/441.)

Digitized by Google

Bürger im Mittelalter s. Städte.
Calvin, Johann. Von Pfarrer Dr. G. Sodeur. Mit 1 Bildnis. 2. Aufl. (Bd. 247.)
China. Von Prof. Dr. A. Conrady. (557.)
Christentum u. Weltgeschichte seit der Reformation. Von Prof. D. Dr. K. Sell. 2 Bde. (Bd 297/298.)
Deutsch siehe Bauernhaus, Bauernstand, Dorf, Erbe, Frauenleben, Geschichte, Handel, Handwerk, Reich, Staat, Städte, Verfassung, Verfassungsrecht, Volkskunde, Volksstämme, Volkstrachten, Wirtschaftsleben usw.
Deutschtum im Ausland, Das, vor dem Weltkriege. Von Prof. Dr. R. Hoenigers. 2. Aufl. (Bd. 402.)
Dorf, Das deutsche. Von Prof. R. Mielke. 2. Aufl. Mit 51 Abb. (Bd. 192.)
Eiszeit, Die, und der vorgeschichtliche Mensch. Von Geh. Bergrat Prof. Dr. O. Steinmann. 2. Aufl. M. 24 Abbildungen. (Bd. 302.)
Englands Weltmachtstellung in ihrer Entwickl. seit d. 17. Jahrh. M. Bildn. v. Dir. Prof. Dr. W. Langenbeck. 2. Aufl. (Bd. 174.)
Entdeckungen, Das Zeitalter der. Von Prof. Dr. S. Günther. 3. Aufl. Mit 1 Weltkarte. (Bd. 26.)
Erde siehe Mensch u. E.
Erdkunde. Allgemeine. 8 Bde. Mit Abb. I. Die Erde, ihre Bewegg. u. ihre Eigenschaften (math. Geogr. u. Geonomie). Von Admiralitätsr. Prof. Dr. E. Kohlschütter. (Bd 625.) II. Die Atmosphäre der Erde (Klimatologie, Meteorologie). Von Prof. C. Baschin. (Bd. 626.) III. Geomorphologie. Von Prof. F. Machatschek. M. 33 Abb. (Bd. 627.) IV. Physiogeographie d. Süßwassers. V. Prof. F. Machatschek. M. 24 Abb. (Bd. 628.) V. Die Meere. Von Prof. Dr. A. Merz. (Bd 629.) VI. Die Verbreitung der Pflanzen. Von Dr. Brockmann-Jerosch. (Bd 630.) VII. Die Verbreitg. d. Tiere. V. Dr. W. Knopfli. (Bd. 631.) VIII. Die Verbreitg. d. Menschen auf d. Erdoberfläche (Anthropogeographie). V. Prof. Dr. R. Krebs. (Bd. 632.)
Europa. Vorgeschichte E.'s. Von Prof. Dr. H. Schmidt. (Bd. 571/572.)
Familienforschung. Von Dr. E. Devrient. 2. Aufl. M. 6 Abb. i. T. (350.)
Feldherren, Große. Von Major F. C. Endres. (Bd 687/688.)
Feste, Deutsche, u. Volksbräuche. V. Privat-Doz. Dr. E. Febrle. M. 30 Abb. (Bd 518.)
Finnland. Von Lektor F. Ohquist. (700.)
Frankr. Geschichte. I.: D. frz. Königstum. V. Prof. Dr. R. Schwemer. (Bd 574.)
— siehe auch Napoleon, Revolution.
Frauenbewegung, Die moderne. V. Dr. Marie Bernays. (Bd. 723.)
Frauenleben, Deutsch., i. Wandel d. Jahrhunderte. Von Geh. Schulrat Dr. Ed. Otto. 3. Aufl. 12 Abb. i. T. (Bd. 45.)
Friedrich d. Gr. 6 Vortr. V. Prof. Dr. Th. Bitterauf. 2. Aufl. M. 2 Bildn. (246.)
Gartenkunst. Gesch. d. G. V. Baurat Dr.-Ing. Chr. Rand. M. 41 Abb. (274.)
Geographie der Vorwelt (Paläogeographie). Von Priv.-Doz. Dr. E. Dacque. Mit 78 Abb. (Bd. 610.)
— Einführg. i. d. Studium der G. Von Prof. Dr. G. Braun. (Bd. 693.)
Geologie siehe Abt. V.
German. Heldensage s. Heldensage.
Germanische Kultur in der Urzeit. Von Bibliotheksdir. Prof. Dr. O. Steinhausen. 3. Aufl. Mit 13 Abb. (Bd. 75.)
Geschichte, Deutsche, im 19. Jahrh. s. Reichseinheit. V. Prof. Dr. R. Schwemer. 5 Bde. I.: Von 1800—1848. Restauration und Revolution. 3. Aufl. (Bd. 37.) II.: Von 1848—1862. Die Reaktion und die neue Ära. 2. Aufl. (Bd. 101.) III.: Von 1862—1871. D. Bund u. Reich. 2. Aufl. (Bd. 102.)
Gesellschaft u. Geselligkeit in Vergangenh. u. Gegenwart. Von Oberin S. Trautwein. (Bd. 706.)
Griechentum. Das G. in seiner geschichtlichen Entwicklung. Von Prof. Dr. R. v. Scala. Mit 46 Abb. (Bd. 471.)
Griechische Städte. Kulturbilder aus gr. St. Von Professor Dr. E. Siebarth. 2. A. M. 23 Abb. u. 2 Tafeln. (Bd. 131.)
Handel. Geschichte d. Welthandels. Von Realgymnasial-Dir. Prof. Dr. M. G. Schmidt. 3. Aufl. (Bd. 118.)
— Geschichte des deutschen Handels seit d. Ausgang des Mittelalters. Von Dir. Prof. Dr. W. Langenbeck. 2. Aufl. Mit 16 Tabellen. (Bd. 237.)
Handwerk. Das deutsche, in seiner kulturgeschichtl. Entwickl. Von Geh. Schulrat Dr. E. Otto. 4. Aufl. Mit 33 Abb. auf 12 Tafeln. (Bd. 14.)
— siehe auch Dekorative Kunst Abt. III.
Haus, Kunstpflege in Haus und Heimat. 3. Aufl. Mit Abb. (Bd. 77.)
— siehe auch Bauernhaus, Dorf.
Heldensage, Die germanische. Von Dr. J. W. Bruinier. (Bd. 486.)
Hellenist.-röm. Religionsgeschichte s. Abt. I.
Jesuiten, Die. Eine hist. Skizze. Von Prof. Dr. H. Boehmer. 4. Aufl. (Bd. 49.)
Indien. Von Prof. Dr. Sten Konow. (Bd. 614.)
Indogermanenfrage. Von Dir. Dr. R. Agahd. (Bd. 594.)
Island, d. Land u. d. Volk. V. Prof. Dr. H. Herrmann. M. 9 Abb. (Bd 461.)
Kaisertum und Papsttum. Von Prof. Dr. A. Hofmeister. (Bd. 576.)

Digitized by Google

Kartenkunde. Vermessungs- u. K. 6 Bde. Mit Abb. I. Geogr Ortsbestimmung. Von Prof. Schnauder. (Bd. 606.) II. Erdmessung Von Prof Dr. O. Eggert (Bd 607.) III. Landmess. v. Geh Finanzrat Suckow (Bd. 608.) IV Ausgleichungsrechnung. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. E. Hegemann. (Bd. 609.) V. Photogrammetrie und Stereophotogrammetrie Von Diplom-Ing H. Lüscher. (Bd. 610.) VI. Kartenkunde. Von Finanzrat Dr.-Ing A. Egerer. 1. Einführ. i. d. Kartenverständnis. 2. Kartenherstellung (Landesaufn.) (Bd 611/612.)

Kirche s. Staat u. K.: Kirche Abt. I.

Kolonien. Die deutschen. (Land u. Leute.) Von Dr. A. Heilborn. 3. Aufl. Mit 28. Abb u. 8 Karten. (Bd. 98.)

Königstum. Französisches. Von Prof Dr. R. Schwemer. (Bd 574.)

Krieg. Kulturgeschichte d. Kr. Von Prof. Dr. K. Beuie Geh. Hofrat Prof Dr E. Bethe, Prof. Dr. B. Schmeidler, Prof. Dr. A. Doren, Prof. Dr. B. Herre. (Bd. 561.)

— Der Dreißigjährige Krieg. Von Dr. Fritz Endres. (Bd. 577.)

— s. auch Feldherren.

Kriegsschiffe. Unsere. Ihre Entstehung u. Verwendung. V. Geh. Mar.-Baur. a. D. E. Krieger 2 Aufl. v. Geh. Mar.-Baur. Fr. Schürer. M. 62 Abb. (389.)

Luther. Martin L. u. d. tsche. Reformation. Von Prof. Dr. M. Köhler. 2., verb. Aufl. M. 1 Bildn. Luthers. (Bd. 515.)

— s. auch Bismarck.

Marx, Karl. Versuch einer Einführg. V. Prof. Dr. R. Wilbrandt. 2. A. (621.)

Mensch u. Erde. Skizzen v. den Wechselbeziehungen zwischen beiden. Von Geh. Rat Dr. s. Dr. A. Kirchhoff. 4. Aufl.

— s. a. Eiszeit; Mensch Abt. V. (Bd. 31.)

Mittelalter. Mittelalterl. Kulturideale. V. Prof. Dr. M. Wedel. I.: Heldenleben. II.: Ritterromantik (Bd 292. 293.)

— s. auch Städt. u. Bürger i. M.

Moltke. Von Major F. C. Endres. Mit 1 Bildn. (Bd. 415.)

Münze. Grundriß d. Münzkunde. 2. Aufl. I. Die Münze nach Wesen, Gebrauch u. Bedeutg. V. Hofrat Dr. A. Luschin v. Ebengreuth. M. 56 Abb. II. Die Münze v. Altertum b. z. Gegenw. Von Prof. Dr. H. Buchenau. (Bd. 91. 657.)

— s. a. Finanzwiss., Geldwesen Abt. VI

Mykenische Kultur. Die. Von Prof. Dr. F. C. Lehmann-Haupt. (Bd. 581.)

Mythologie s. Abt. I

Napoleon I. Von Prof. Dr. Th. Bitterauf. 3 Aufl. Mit 1 Bildn. (Bd. 195.)

Nationalbewußtsein siehe Volk.

Natur u. Mensch. V. Dir. Prof. Dr. M. G. Schmidt. M. 19 Abb. (Bd. 458.)

Naturvölker. Die geistige Kultur der N. V. Prof. Dr. K. Th. Preuß. M. 9 Abb.

— s. a. Völkerkunde, allg. [(Bd 452.)

Neugriechenland. Von Prof. Dr. A. Heisenberg. (Bd. 618.)

Neuseeland s. Australien.

Orient s. Indien, Palästina, Türkei.

Osten. Der Zug nach dem O. Die Großtat d. deutsch. Volkes i. Mittelalt. V. Geh. Hofrat Prof. Dr. Hampe. (Bd. 731.)

Ostmark s. Abt. VI.

Österreich. Ö.'s innere Geschichte von 1848 bis 1895. V. R. Charmatz. 3., veränd. Aufl. I. Die Vorherrschaft der Deutschen. II. Der Kampf der Nationen. (651/652.)

— Geschichte der auswärtigen Politik Ö.'s im 19. Jahrhundert. V. R. Charmatz. 2., veränd. Aufl. I. Bis zum Sturze Metternichs. II. 1848—1895. (653/654.)

— Österreichs innere u. äußere Politik von 1895—1914. V. R. Charmatz. (655.)

Ostseegebiet. Das. V. Prof. Dr. G. Braun. M. 21 Abb. u. 1 mehrf. Karte. (Bd. 367.)

— s. auch Baltische Provinzen, Finnland.

Palästina und seine Geschichte. Von Prof. Dr. H. Frh. von Soden. 4. Aufl. Mit 1 Plan von Jerusalem u. 3 Anf. d. Heiligen Landes. (Bd. 6.)

— V. u. s. Kultur in 5 Jahrtausenden. Nach d. neuest. Ausgrab. u. Forschungen dargest. von Prof. Dr. P. Thomsen. 2., neubearb. Aufl. Mit 37 Abb. (260.)

Papsttum s. Kaisertum.

Papuri s. Antikes Leben.

Polarforschung. Geschichte der Entdeckungsreisen zum Nord- u. Südpol v. d. ältest. Zeiten bis zur Gegenw. V. Prof. Dr. K. Haffert. 3 Aufl. M. 6 Kart. (Bd. 38.)

Polen. Mit einem geschichtl. Überblick üb. d. polnisch-ruthen. Frage. V. Prof. Dr. R. F. Kaindl. 2., verb. Aufl. M. 6 Kart. (547.)

Politik. V. Dr. A. Grabowsky. (Bd. 537.)

— Umrisse der Weltpol. V. Prof. Dr. J. Hashagen. 3 Bde I: 1871—1907. 2 Aft II: 1908—1914. 2. Aft. III: D. pol. Ereign. während. Krieges. (Bd. 553/55.)

— Politische Geographie. Von Prof Dr. W. Vogel. (Bd. 634.)

— Politische Hauptströmungen in Europa im 19. Jahrhundert. Von Prof. Dr. K. Th. v. Heigel. 4. Aufl. von Dr. Fr. Endres. (Bd. 129.)

Pompeji. eine hellenistische Stadt in Italien. Von Prof. Dr. Fr. v. Duhn. 3. Aufl. Mit 62 Abb. i. T. u. auf 1 Taf., sowie 1 Plan. (Bd. 114.)

Preußische Geschichte s. Brandenb.-pr. G.

Reaktion und neue Ära s. Gesch., deutsche.

Reformation s. Calvin, Luther.

Reich. Das Deutsche R. von 1871 b. z. Weltkrieg. V. Archivar Dr. F. Israel. (575.)

Religion s. Abt. I.

Restauration und Revolution siehe Geschichte, deutsche.

Digitized by Google

Revolution, Geschichte der Französ. R. B Prof Dr. Th. Bitterauf. 2. Aufl. Mit 8 Bildn. (Bd. 346.)
— 1848. 6 Vorträge. Von Prof Dr. O. Weber. 3. Aufl. (Bd. 53.)
Rom. Das alte Rom. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. O. Richter. Mit Bilderanhang u. 4 Plänen (Bd 386.)
— **Die römische Republik.** Von Privatdoz. Dr. A Rosenberg. (Bd. 719.)
— Soziale Kämpfe i. alt. Rom. B. Privatdozent Dr. S. Bloch. 3. Aufl. (Bd. 22.)
— **Roms Kampf um die Weltherrschaft.** Von Geh. Hofrat Prof. Dr. J. Kromayer. (Bd. 368.)
Geschichte der Römer. Von Prof Dr. R. v. Scala. (Bd. 578.)
— siehe auch Hellenist.-röm Religionsgeschichte Abt. I: **Pompeji** Abt. III.
Rußland. Geschichte, Staat, Kultur Von Dr. A. Luther. (Bd. 563.)
Schrift- und Buchwesen in alter und neuer Zeit. Von Prof. Dr. O. Weise. 4. Aufl. Mit 37 Abb. (Bd. 4.)
— s. a. Buch. Wie ein B. entsteht. Abt. VI.
Schweiz, Die. Land, Volk, Staat u. Wirtschaft. Von Reg.- u. Ständerat Prof. Dr. O. Wettstein. Mit 1 Karte. (Bd. 482.)
Seekrieg s. Kriegsschiff.
Sitten und Gebräuche in alter und neuer Zeit. Von Prof. Dr. E. Samter. (682.)
Soziale Bewegungen und Theorien bis zur modernen Arbeiterbewegung Von G. Maier. 6. Aufl. (Bd. 2.)
— s. a. Marx, Rom; Sozialism. Abt. VI.
Staat, St. u. Kirche in ihr. gegenseit. Verhältnis seit d. Reformation. B. Pfarrer Dr. phil. A. Pfannkuche. (Bd. 485.)
— Dtsche. Städte u. Bürger i. Mittelalter. B Prof. Dr B Heil. 3. Aufl. Mit zahlr. Abb. u. 1 Doppeltafel. (Bd. 43.)
— Verfassung u. Verwaltung d. deutschen Städte. B Dr. M. Schmid. (Bd. 466.)
— s. a. Griech. Städte, Pompeji, Rom.
Sternglaube und Sterndeutung. Die Geschichte u. d. Wesen d. Astrologie. Unt. Mitwirk. v. Geh Rat Prof. Dr. C. Bezold dargest. v. Geh. Hofr. Prof. Dr. Fr. Boll. 2. Aufl. M. 1 Sternk. u. 20 Abb. (638.)
Student, Der Leipziger, von 1409 bis 1909. Von Dr. W. Bruchmüller. Mit 25 Abb. (Bd. 273.)
Studententum, Geschichte d. deutschen St. Von Dr. W. Bruchmüller. (Bd. 477.)
Türkei, Die. B. Reg.-Rat B. K. Krause. Mit 2 Karten i. Text und auf 1 Tafel. 2. Aufl. (Bd. 469.)
Urzeit s. german. Kultur in der U.
Verfassung. Grundzüge der V. des Deutschen Reiches. Von Geheimrat Prof. Dr. E. Löning. 5. Aufl. (Bd. 34.)
Verfassungsrecht, Deutsches, in geschichtlicher Entwicklung. Von Prof. Dr. Ed. Subrich. 2. Aufl. (Bd. 80.)
Vermessungs- u. Kartenkunde s. Kartenk.
Volk. Vom deutschen V. zum dt. Staat. Eine Geich. d. dt. Nationalbewußtseins. B Prof. Dr. P. Joachimsen (Bd. 511.)
Völkerkunde, Allgemeine. I: Feuer, Nahrungserwerb, Wohnung, Schmuck und Kleidung. Von Dr. A. Heilborn. M. 54 Abb. (Bd. 487.) II: Waffen u. Werkzeuge. Industrie, Handel u. Geld, Verkehrsmittel. Von Dr. A. Heilborn. M. 51 Abb. (Bd. 488.) III. Die geistige Kultur der Naturvölker. Von Prof Dr. K. Th. Preuß. M. 9 Abb. (Bd. 452.)
Volksbräuche, deutsche, siehe Feste.
Volkskunde, Deutsche, im Grundriß. Von Prof. Dr. C. Reuschel. I. Allgemeines, Sprache, Volksdichtung. (Bd. 644.)
— s. auch Bauernhaus, Feste, Sitten, Sternglaub., Volkstracht., Volksstämme.
Volksstämme, Die deutschen, und Landschaften. Von Prof. Dr. O. Weise. 5., völlig umgearb. Aufl. Mit 30 Abb. i. Text u. auf 20 Taf. u. einer Dialektkarte Deutschlands. (Bd. 16.)
Volkstrachten. Deutsche. Von Pfarrer K. Spieß. Mit 11 Abb. (Bd. 342.)
Vom Bund zum Reich siehe Geschichte
Von Jena bis zum Wiener Kongreß. Von Prof Dr. G. Roloff. (Bd. 465.)
Von Luther zu Bismarck. 12 Charakterbild. a. deutscher Gesch. B. Prof Dr. O. Weber. 2 Bde. 2. Aufl. (Bd. 123/124.)
Vorgeschichte Europas. Von Prof. Dr. H. Schmidt. (Bd. 571/572.)
Weltgeschichte s. Christentum.
Welthandel s. Handel.
Weltpolitik s. Politik.
Wirtschaftsgeschichte, Antike. Von Privatdozent Dr O. Neurath. 2., umgearbeitete Auflage (Bd 258.)
— s. a. Antikes Leben u. d. ägypt. Papyri.
Wirtschaftsleben. Deutsches. Auf geogr. Grundl. gesch B Prof. Dr. Chr. Gruber. 4. Aufl. B. Dr. H. Reinlein. (42.)
— s. auch Abt. VI.

V. Mathematik, Naturwissenschaften und Medizin.

Aberglaube, Der, in der Medizin u. s. Gefahr f. Gesundh. u. Leben B Prof. Dr. D. v. Hansemann. 2. Aufl. (Bd. 83.)
Abstammungs- und Vererbungslehre, Experimentelle. Von Prof. Dr. E. Lehmann. Mit 26 Abb. (Bd. 379.)
Abstammungslehre u. Darwinismus. B. Dr. Dr. R. Hesse. 5. A. M. 40 Abb. (Bd. 39.)
Abwehrkräfte des Körpers, Die. Eine Einführung in die Immunitätslehre. Von Prof. Dr. med. H. Kämmerer. Mit 52 Abbildungen. (Bd. 479.)
Akustik, Einführung in die A. Von Prof. Dr. F. A. Schulze. (Bd. 622.)
Algebra siehe Arithmetik. (Bd. 601.)
Ameisen, Die. Von Dr. med. H. Brun.

Digitized by Google

Anatomie d. Menschen. Die. B. Prof. Dr. K. v. Bardeleben. 6 Bde. Jeder Bd. mit zahlr. Abb (Bd. 418/423.) I. Zelle und Gewebe. Entwicklungsgeschichte. Der ganze Körper. 3. Aufl. II. Das Skelett. 2. Aufl. III. Das Muskel- u. Gefäßsystem 2. Aufl. IV. Die Eingeweide (Darm-, Atmungs-, Harn- und Geschlechtsorgane, Haut). 3. Aufl. V. Nervensystem und Sinnesorgane. VI. Mechanik (Statik u. Kinetik) d. menschl. Körpers (der Körper in Ruhe u. Bewegung). 2. Aufl.
— siehe auch Wirbeltiere.
Aquarium. Das. Von E. W. Schmidt. Mit 15 Fig. (Bd 335.)
Arbeitsleistungen des Menschen. Die. Einführ. in d. Arbeitsphysiologie. V. Prof. Dr. H. Boruttau. M. 14 Fig. (Bd. 539.)
— Berufswahl. Begabung u. Arbeitsleistung in i. gegenf. Beziehungen. Von W. J. Ruttmann. Mit 7 Abb. (Bd. 522.)
Arithmetik und Algebra zum Selbstunterricht. Von Prof. P. Crantz. 2 Bände. I.: Die Rechnungsarten. Gleichungen 1. Grades mit einer u. mehreren Unbekannten. Gleichungen 2. Grades. 6. Aufl. M. 9 Fig. i. Text. II.: Gleichungen. Arithmet. u. geometr. Reih. Zinseszins- u. Rentenrechn. Kompl. Zahlen. Binom. Lehrsatz. 4. Aufl. M. 21 Fig. (Bd. 120. 205.)
Arzneimittel und Genußmittel. Von Prof. Dr. O. Schmiedeberg. (Bd. 363.)
Arzt. Der. Seine Stellung und Aufgaben im Kulturleben der Gegenw. Ein Leitfaden der sozialen Medizin. Von Dr. med. M. Fürst. 2. Aufl. (Bd. 265.)
Astronomie. Das astronomische Weltbild im Wandel der Zeit. 2. Aufl. Von Prof. Dr. S. Oppenheim. I. Probleme der mod. Astronomie. Mit 11 Fig. (Bd. 355.) II. Mod. Astronomie. (Bd. 445.)
— Die A. in ihrer Bedeutung für das praktische Leben. Von Prof. Dr. A. Marcuse. Mit 26 Abb. (Bd. 378.)
— siehe auch Mond, Planeten, Sonne, Weltall, Weltbild; Sternglaube. Abt. I.
Atome s. Materie.
Auge. Das, und die Brille. Von Prof. Dr. M. v. Rohr. 2. Aufl. Mit 84 Abb. u. 1 Lichtdrucktafel. (Bd. 372.)
Ausgleichungsrechn. s. Kartenkde. Abt. IV
Bakterien. Die, im Haushalt und der Natur des Menschen. Von Prof. Dr. E. Gutzeit. 2 Aufl. Mit 13 Abb. (242.)
— Die krankheiterregenden Bakterien. Grundtatsachen d. Entsteh., Heilung u. Verhütung d. bakteriellen Infektionskrankheiten d. Menschen. V. Prof. Dr. M. Loehlein. 2. Aufl. M. 33 Abb. (Bd. 307.)
— s. a. Abwehrkräfte, Desinfektion, Pilze, Schädlinge
Bau u. Tätigkeit d. menschl. Körpers. Einf. in die Physiologie d. Menschen. V. Prof. Dr. H. Sachs. 4. A. M. 34 Abb. (Bd. 32.)
Begabung s. Arbeitsleistung.
Befruchtung und Vererbung. Von Dr. E. Teichmann. 2. Aufl. M. 9 Abb. u. 4 Doppeltafeln. (Bd. 70.)
Bewegungslehre s. Mechan., Aufg. a. d. M. I.
Bienen. Die. Von Prof. Dr. E. Zander. (Bd. 705.)
Biochemie. Einführung in die B. in elementarer Darstellung. Von Prof. Dr. R. Lös. Mit 12 Fig. 2. Aufl. v. Prof. Dr. H. Friedenthal. (Bd 352.)
Biologie, Allgemeine. Einführ. i. d. Hauptprobleme d. organ. Natur. V. Prof. Dr. H. Miehe. 2. Aufl. 52 Fig. (Bd. 130.)
—, Experimentelle. Regeneration, Transplantat. und verwandte Gebiete. Von Dr. C. Thesing. Mit 1 Tafel und 69 Textabbildungen. (Bd. 337.)
— siehe a. Abstammungslehre, Bakterien, Befruchtung, Fortpflanzung, Lebewesen, Organismen, Schädlinge, Tiere, Urtiere.
Blumen. Unsere Bl. u. Pflanzen im Garten. Von Prof. Dr. U. Dammer. Mit 69 Abb. (Bd 360.)
— Unsf Bl u. Pflanzen i. Zimmer. V. Prof. Dr. U. Dammer. M. 65 Abb. (Bd 359.)
Blut. Herz, Blutgefäße und Blut und ihre Erkrankungen. Von Prof. Dr. H. Rosin. Mit 18 Abb. (Bd. 312.)
Botanik. B. d. praktischen Lebens. V. Prof. Dr. P. Graebner. M. 24 Abb. (Bd. 173.)
— siehe Blumen, Lebewesen, Pflanzen, Pilze, Schädlinge, Wald; Kolonialbotanik. Tabak Abt. VI
Brille s. Auge u. d. Brille.
Chemie. Einführung in die allg. Ch. V. Studienrat Dr. H. Bavink. 2. Aufl. Mit zahlr. Fig. (Bd. 582.)
— Einführg. i. d. organ. Chemie: Naturl. u. instl. Pflanz.- u. Tierstoff. V. Studienrat Dr. H. Bavink. 2. A. 9 Abb. (187.)
— Einführung i. d. anorganische Chemie. V. Studienrat Dr. H. Bavink. (598.)
— Einführung i. d. analyt. Chemie. V. Dr. F. Rüsberg. 2 Bde. (Bd. 524, 525.)
— Die künstliche Herstellung von Naturstoffen. V. Prof. Dr. E. Rüst. (Bd. 674.)
— Ch. in Küche und Haus. Von Dr. F. Klein. 4. Aufl. (Bd. 76.)
— siehe a. Biochemie, Elektrochemie, Luft, Photoch.; Agrikulturch., Sprengstoffe, Technik. Chem. Abt. VI.
Chemikalienkunde. Von Chemiker Emil Drechsler. (Bd. 728.)
Chirurgie. Die, unserer Zeit. Von Prof. Dr. J. Feßler. Mit 52 Abb. Bd 339.)
Darwinismus. Abstammungslehre und D. Von Prof. Dr. R. Hesse. 5. Aufl. Mit 40 Textabb. (Bd 39.)
Desinfektion, Sterilisation und Konservierung. Von Reg.- u. Med.-Rat Dr. H. Golbrig. M. 20 Abb. i. T. (Bd. 401.)

Digitized by Google

Differentialrechnung unter Berücksichtig. d. prakt. Anwendung in der Technik mit zahlr. Beispielen u. Aufgaben versehen. Von Studienrat Dr. M. Lindow. 2. A. M. 45 Fig. i. Text u. 161 Aufg. (387.)
— siehe a. Integralrechnung.
Drogenkde. v. Chem. E. Dreßler. (727.)
Dynamik i. Mechanik, Aufg. a. d. techn. M. 2 Bd., ebenso Thermodynamik.
Eiszeit, Die, u. der vorgesch. Mensch. Von Geh. Bergr. Prof. Dr. G. Steinmann. 2 Aufl. Mit 24 Abb. (Bd. 302.)
Elektrochemie u. ihre Anwendungen. Von Prof. Dr. F. Arndt. 2. Aufl. Mit 37 Abb. i. T. (Bd. 234.)
Elektrotechnik, Grundlagen der E. Von Oberingenieur A. Rotth. 2. Aufl. Mit 74 Abb. (Bd. 391.)
Energie, D. Lehre v. d. E. v. Oberlehr. A. Stein. 2. A. M. 13 Fig. (Bd. 257.)
Entwicklungsgeschichte d. Menschen. V. Dr. A. Heilborn. M. 60 Abb. (Bd. 388.)
Erde s. Weltentstehung u. -untergang.
Ernährung und Nahrungsmittel. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. M. Rubner. 3. Aufl. Mit 6 Abb. i. T. u. 2 Taf. (19.)
Experimentalchemie s. Luft usw.
Experimentalphysik s. Physik.
Farben s. Licht u. F.; s. a. Farben Abt. VI.
Festigkeitslehre s. Statik.
Fixsterne, Die. V. Dr. Aug. Kühl. (677.)
Fortpflanzung s. auch Geschlechtsunterschiede d. Menschen. Eine Einführung in die Sexualbiologie. V. Prof. Dr. H. Boruttau. 2. Aufl. M. 39 Abb. (Bd. 540.)
Garten. Der Kleine. Von Redakteur Joh. Schneider. 2. Aufl. M. 80 Abb. (498.)
— **Der Hausgarten.** Von Gartenarchitekt W. Schubert. Mit Abb. (Bd. 502.)
— siehe auch Blumen, Pflanzen, Gartenkunst, Gartenstadtbewegung Abt. VI.
Gebiß. Das menschl., s. Erkrankn. u. Pflege. V. Zahnarzt Fr. Jäger. M. 24 Abb. (229.)
Geisteskrankheiten. V. Geh. Med.-Rat Oberstabsarzt Dr. G. Ilberg. 2. A. (151.)
Genußmittel siehe Arzneimittel u. Genußmittel; Tabak Abt. VI.
Geographie s. Abt. IV.
— **Math. G.** s. Astronomie u. Erdkunde Abt. IV.
Geologie, Allgemeine. V. Geh. Bergr. Prof. Dr. Fr. Frech. 6 Bde. (Bd. 207/211 u. Bd. 61.) I.: Vulkane einst und jetzt. 3. Aufl. M. Titelbild u. 78 Abb. II.: Gebirgsbau und Erdbeben. 3., wes. erw. Aufl. M. Titelbild u. 57 Abb. III.: Die Arbeit des fließenden Wassers. 3. Aufl. M. 56 Abb. IV.: Die Bodenbildung. Mittelgebirgsformen u. Arbeit des Ozeans. 3., wes. erw. Aufl. Mit 1 Titelbild u. 68 Abb. V. Steinkohle, Wüsten u. Klima der Vorzeit. 3. Aufl. Mit 39 Abb. VI. Gletscher einst u. jetzt. 3. Aufl. Mit 46 Abb. im Text.
— s. a. Kohlen, Salzlagerstätt. Abt. VI.
Geometrie. Analyt. G. d. Ebene z. Selbstunterricht. Von Prof. W. Crantz. 2. Aufl. Mit 55 Fig. (Bd. 504.)
— **Geomet. Zeichnen.** Von Zeichenlehrer A. Schudeisky. (Bd. 568.)
— s. a. Mathematik.
Geomorphologie s. Allgem. Erdkunde.
Geschlechtskrankheiten, Die, ihr Wesen, ihre Verbreitg., Bekämpfg u. Verhütg. Für Gebildete aller Stände bearb. v. Generalarzt Prof. Dr. W. Schumburg. 4. A. Mit 4 Abb. u. 1 mehrfarb. Taf. (251.)
Geschlechtsunterschiede s. Fortpflanzung.
Gesundheitslehre. Von Obermed.-Rat Prof. Dr. M. v. Gruber. 4. Aufl. Mit 26 Abbildungen. (Bd. 1.)
— **G. für Frauen.** Von Dir. Prof. Dr. K. Baisch. 2 Aufl. M. 11 Abb. (538.)
— s. a. Abwehrkräfte, Bakterien, Leibesüb.
Graph. Darstellung. Die. V. Hofrat Prof. Dr. F. Auerbach. 2. Aufl. Mit 139 Figuren. (Bd. 437.)
Haushalt siehe Bakterien, Chemie, Desinfektion, Naturwissenschaften, Physik.
Haustiere. Die Stammesgeschichte unserer. V. Prof. Dr. C. Keller. 2 Aufl. Mit 29 Figuren. (Bd. 252.)
— s. a. Kleintierzucht, Tierzüchtg. Abt. VI.
Herz, Blutgefäße und Blut und ihre Erkrankungen. Von Prof. Dr. H. Rosin. Mit 18 Abb. (Bd. 312.)
Hygiene s. Schulhygiene, Stimme.
Hypnotismus und Suggestion. Von Dr. E. Trömner. 3. Aufl. (Bd. 199.)
Immunitätslehre s. Abwehrkräfte d. Körp.
Infinitesimalrechnung. Einführung in die. V. Prof. Dr. G. Kowalewski. 3. Aufl. Mit 19 Fig. (Bd. 197.)
Integralrechnung mit Aufgabensammlung. V. Studienrat Dr. M. Lindow. 2. Aufl. Mit Fig. (Bd. 673.)
Kalender, Der. Von Prof. Dr. V. F. Wislicenus. 2. Aufl. (Bd. 69.)
Kälte, Die. Wesen, Erzeug. u. Verwert. Von Dr. H. Alt. 45 Abb. (Bd. 311.)
Kinematographie s. Abt. VI.
Kanalisierung siehe Desinfektion.
Korallen u. and. geisteinbild. Tiere. V. Prof. Dr. W. Man. Mit 45 Abb. (Bd. 231.)
Kosmetik. Ein kurzer Abriß der ärztlichen Verschönerungskunde. Von Dr. J. Saudek. Mit 10 Abb. im Text. (Bd. 489.)
Lebewesen. Die Beziehungen der Tiere und Pflanzen zueinander. Von Prof. Dr. K. Kraepelin. 2. Aufl. I. Der Tiere zueinander. M. 64 Abb. II. Der Pflanzen zueinander u. zu d. Tieren. Mit 68 Abb. (Bd. 426/427.)
— s. a. Biologie, Organismen, Schädlinge.
Leib und Seele. Von Dr. phil. et med. G. Sommer. (Bd. 702.)
Leibesübungen. Die, und ihre Bedeutung für die Gesundheit. Von Prof. Dr. R. Bander. 4. Aufl. M. 20 Abb. (13.)
— s. auch Turnen.

Digitized by Google

Licht, Das, u. d. Farben. Einführung in die Optik. Von Prof. Dr. S. Graetz. 4. Aufl. Mit 100 Abb. (Bd. 17.)

Luft, Wasser, Licht und Wärme. Neun Vorträge aus d. Gebiete d. Experimentalchemie. Z. Geh. Reg.-Rat Dr. K. Bloch mann. 4. Aufl. M. 115 Abb. (Bd. 5.)

Luftschiffahrt, D., u. ihr Verwertg. V. Prof. Dr. K. Kaiser. 2. A. M. 13 Abb. (318.)

Maße und Messen. Von Dr. W. Block. Mit 34 Abb. (Bd. 385.)

Materie, Das Wesen d. M. V. Prof. Dr. G. Mie. I. Molekule und Atome. 4. A. Mit 25 Abb II. Weltäther und Materie. 4. Aufl. Mit Fig. (Bd. 58/59.)

Mathematik. Einführung in die Mathematik. Von Oberlehrer W. Mendelssohn. Mit 42 Fig. (Bd. 508.)

— **Math. Formelsammlung.** Ein Wiederholungsbuch der Elementarmathematik. Von Prof. Dr. S. Jakobi. (Bd. 567.)

— **Naturwissensch. u. m. i. klass. Altertum.** Von Prof. Dr. Joh. L. Heiberg. Mit 2 Fig. (Bd. 370.)

— **Praktische M.** Von Prof. Dr. R. Neuendorff. I. Graphische Darstellungen. Verkürztes Rechnen. Das Rechnen mit Tabellen. Mechanische Rechenhilfsmittel. Kaufmännisches Rechnen i. tägl. Leben. Wahrscheinlichkeitsrechnung. 2., verb. A. M. 29 Fig. i. T. u. 1 Taf. II. Geom. Zeichnen. Projektionsl. Flächenmessung. Körpermessung. M. 133 Fig. (341. 526.)

— **Mathemat. Spiele.** B. Dr. W. Ahrens. 3. Aufl. M. Titelb. u. 77 Fig. (Bd. 170.)

— s. a. Arithmetik, Differentialrechnung, Geometrie, Infinitesimalrechnung, Integralrechnung, Perspektive, Planimetrie, Projektionslehre, Trigonometrie, Vektorrechnung, Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Mechanik. Von Prof. Dr. Hamel. 3 Bde. I. Grundbegriffe der M. II. M. d. festen Körper. III. M. d. flüss. u. luftförm. Körper. (Bd. 684/686.)

— **Aufgaben aus d. techn. Mechanik** für den Schul- u. Selbstunterricht. B. Prof. R. Schmitt. I. Bewegungsl., Statik. 156 Aufg. u. Lösl. II. Dynamik. 140 Aufg. u. Lösl. m. zahlr. Fig. i. T. (558/559.)

— siehe auch Statik.

Meer, Das M., i. Erforsch. u. i. Leben. Von Prof. Dr. O. Janson. 3. A. M. 40 Fig. (Bd. 30.)

Mensch u. Erde. Skizzen v. d. Wechselbeziehungen zwischen beiden. Von Geh. Rat Prof. Dr. A. Kirchhoff. 4. Aufl. (Bd. 31.)

— **Die Rassen der Menschen.** Von Prof. Dr. E. Fischer. (Bd. 624.)

— s. Eiszeit, Entwicklungsgesch. Urzeit.

— **Natur u. Mensch** siehe Natur.

Menschl. Körper. Bau u. Tätigkeit d. menschl. K. Einführ. i. d. Physiol. M. 77 Fig. Prof. Dr. H. Sachs. 4. Aufl. M. 34 Abb. (32)

— s. auch Anatomie, Arbeitsleistungen, Auge, Blut, Fortpflanzg., Gehirn, Herz, Nervensystem, Physiol., Sinne, Verbild.

Mikroskop, Das. V. Prof. Dr. W. Scheffer. 2. Aufl. Mit 99 Abb. (Bd. 35.)

Moleküle s. Materie.

Mond, Der. Von Prof. Dr. J. Franz. 2. Aufl. Mit 34 Abb. (Bd. 90.)

Nahrungsmittel s. Ernährung u. N.

Natur u. Mensch. V. Direkt. Prof. Dr. M. G. Schmidt. Mit 19 Abb. (Bd. 458.)

Naturlehre. Die Grundbegriffe der modernen N. Einführung in die Physik. Von Hofrat Prof. Dr. F. Auerbach. 4. Aufl. Mit 71 Fig. (Bd. 40.)

Naturphilosophie, Die mod. V. Privatdoz. Dr. J. M. Verweyen. 2. A. (Bd. 491.)

Naturwissenschaft. Religion und N. im Kampf u. Frieden. Ein geschichtl. Rückblick. V. Pfarrer Dr. A. Pfannkuche. 2. Aufl. (Bd. 141.)

— **N. und Technik. Am sausenden Webstuhl d. Zeit.** Übersicht üb. d. Wirkungen d. Naturw. u. Technik a. d. ges. Kulturleben. V. Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. W. Lannhardt. 3. Aufl. M. 3 Abb. (23.)

— **N. u. Math. i. klass. Altert.** V. Prof. Dr. J. L. Heiberg. 2 Fig. (Bd. 370.)

Nerven. Vom Nervensystem, sein. Bau u. sein. Bedeutung für Leib u. Seele im gesunb. u. krank. Zustande. V. Prof. Dr. K. Sander. 3. Aufl. M. 27 Abb. (Bd. 48.)

— siehe auch Anatomie.

Optik. Die opt. Instrumente. Lupe, Mikroskop, Fernrohr, photogr. Objektiv u. ihnen verwandte Instr. V. Prof. Dr. M. v. Rohr. 3. Aufl. M. 89 Abb. (88.)

— s. a. Lupe, Brille, Kinemat., Licht u. Farbe, Mikrosk., Spektroskopie, Strahlen.

Organismen. D. Welt d. O. In Entwickl. und Zusammenhang dargestellt. Von Oberstudienrat Prof. Dr. K. Lambert. Mit 52 Abb. (Bd. 236.)

— siehe auch Lebewesen.

Paläozoologie siehe Tiere der Vorwelt.

Perspektive, Die. Grundzüge d. P. nebst Anwendg. V. Prof. Dr. K. Doehlemann. Mit 91 Fig. u. 11 Abb. (Bd. 510.)

Pflanzen. Die fleischfress. Pfl. V. Prof. Dr. A. Wagner. Mit 82 Abb. (Bd. 344.)

— **Unsl. Blumen u. Pfl. i. Garten.** V. Prof. Dr. U. Dammer. M. 69 Abb. (Bd. 360.)

— **Unsl. Blumen u. Pfl. i. Zimmer.** V. Prof. Dr. U. Dammer. M. 65 Abb. (Bd 359.)

— s. auch Botanik, Garten, Lebewesen, Pilze, Schädlinge.

Pflanzenphysiologie. V. Prof. Dr. H. Molisch. Mit 63 Fig. (Bd. 569.)

Photochemie. Von Prof. Dr. G. Kümmell. 2. Aufl. Mit 23 Abb. i. Text u. a. 1 Taf. (Bd. 227.)

Photographie s. Abt. VI.

Physik. Werdegang d. mod. Ph. V. Oberl. Dr. H. Keller. 2. Aufl. M. Fig. (343.)

— **Experimentalphysik. Gleichgewicht u. Bewegung.** Von Geh. Reg.-Rat. Prof. Dr. R. Börnstein. M. 90 Abb. (371.)

Digitized by Google

Physik. Ph. i. Küche u. Haus. B. Studienr. H. Speitkamp. M. 51 Abb (Bd. 478.)
— Große Physiker. Von Prof. Dr. F. A. Schulze. 2 Aufl. Mit 6 Bildn. (324.)
— s. auch Energie, Naturlehre, Optik, Relativitätstheorie, Wärme; ebenso Elektrotechnik Abt. VI

Physiologie. Ph. d. Menschen. B. Privatdoz. Dr. A. Lipschütz. 4 Bde. I: Allgem. Physiologie. II: Physiologie d. Stoffwechsels. III: Ph. d. Atmung. d. Kreislaufs u. d. Ausscheidung. IV: Ph. der Bewegungen und der Empfindungen. (Bd 527—530.)
— siehe auch Arbeitsleistungen, Menschl. Körper, Pflanzenphysiologie.

Pilze, Die. Von Dr. A. Eichinger. Mit — s. a. Bakterien. (64 Abb. (Bd. 334.)

Planeten, Die. Von Prof. Dr. B. Peter. 2. Aufl. Von Dr. H. Naumann. Mit Figuren. (Bd. 240.)

Planimetrie z. Selbstunterricht. B. Prof. B. Cranz. 2. Aufl. M. 94 Fig. (340.)

Praktische Mathematik s. Mathematik.

Projektionslehre. In kurzer leichtfaßlicher Darstellung f. Selbstunterr. u. Schulgebr. Von Zeichenl. A. Schubeisky. Mit 208 Fig. im Text. (Bd. 564.)

Radium. Das, u. d. Radioaktivität. B. Dr. M. Centnerszwer. 2. Aufl. M. 33 Abb.

Rassen s. Mensch. (Bd. 405.)

Rechenmaschinen, Die, und das Maschinenrechnen. Von Reg.-Rat Dipl.-Ing. K. Lenz. Mit 43 Abb. (Bd. 490.)

Relativitätstheorie. Einführung in die. M. 16 Fig. B. Dr. W. Bloch (Bd. 618.)

Röntgenstrahlen, D. N. u. ihre Anwendg. B. Dr. med. G. Bucky. M. 85 Abb i. T. u. auf 4 Tafeln. (Bd. 556.)

Säuglingspflege. Von Dr. E. Kobrak. Mit 20 Abb. (Bd. 154.)

Schachspiel. Das, und seine strategischen Prinzipien. B. Dr. M. Lange. 3 Aufl. Mit 2 Bildn., 1 Schachbrettafel u. 43 Diagrammen. (Bd. 281.)
— Die Hauptvertreter der Schachspielkunst u. d. Eigenart ihrer Spielführung. Von Dr. M. Lange. (Bd. 531.)

Schädlinge, Die, im Tier- u. Pflanzenreich u. i. Bekämpf. B. Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. K. Eckstein. 3. A. M. 36 Fig. (18.)

Schulhygiene. Von Prof. Dr. S. Burgerstein. 3. Aufl. Mit 43 Fig. (Bd. 96.)

Sexualbiologie s. Fortpflanzung, Pflanzen.

Sexualethik. B. Prof. Dr. H. E. Timerding. (Bd. 592.)

Sinne d. Menschen, D. Sinnesorgane u. Sinnesempfindungen B. Hofrat Prof. Dr. J. Kreibig 3. Aufl. M. 30 Abb. (27.)

Sonne, Die. Von Dr. A. Krause. Mit 64 Abb. (Bd. 357.)

Spektroskopie. Von Dr. L. Grebe. 2. Aufl. Mit Abbild. (Bd. 284.)

Spiel siehe Mathem. Spiele, Schachspiel.

Sprache. Die menschliche Sprache. (Ihre Entwicklung beim Kinde, ihre Gebrechen und deren Heilung.) Von Lehrer J. Nickel. (Bd. 586.)
— siehe auch Rhetorik. Sprache Abt. III

Statik. Mit Einschluß der Festigkeitslehre. B. Baugewerkschuldirektor Reg.-Baum. A. Schau. Mit 149 Fig. i. T. (Bd. 497.)
— siehe auch Mechanik.

Sterilisation siehe Desinfektion.

Stickstoff s. Luftstickstoff.

Stimme. Die menschliche St. und ihre Hygiene. Von Geh. Med.-Rat Prof. Dr. H. H. Gerber. 3., verb. Aufl. Mit 21 Abb. (Bd. 136.)

Strahlen, Sichtbare u. unsichtb. B. Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. R. Börnstein u. Prof. Dr. W. Marckwald. 3. Aufl. v. Prof. Dr. E. Regener. M. zahlr. Abb. (Bd. 64.)

Suggestion, Hypnotismus und Suggestion. B. Dr. E. Trömner. 3. Aufl. Bd. 199.)

Süßwasser-Plankton. Das. B. Prof. Dr. O. Zacharias. 2. A. 57 Abb. (Bd. 156.)

Tabak, Der. Von Jak. Wolf. 2. Aufl. Mit 17 Abb. i. T. (Bd. 416.)

Thermodynamik s. Abt. VI.

Tiere, T. der Vorwelt. Von Prof. Dr. O. Abel. Mit 31 Abb. (Bd. 399.)
— Die Fortpflanzung der T. B. Prof. Dr. R. Goldschmidt. Mit 77 Abb. (Bd. 253.)
— Tierkunde, Eine Einführung in die Zoologie. Von Privatdozent Dr. K. Henning. Mit 34 Abb. (Bd. 142.)
— Lebensbedingungen und Verbreitung der Tiere. Von Prof. Dr. O. Maas. Mit 11 Karten und Abb. (Bd. 189.)
— Zwittergestalt der Geschlechter in der Tierwelt (Dimorphismus). Von Dr. Fr. Knauer. Mit 37 Fig. (Bd. 148.)
— s. auch Aquarium, Bakterien, Bienen, Haustiere, Korallen, Lebensweisen, Schädlinge, Urtiere, Vogelleben, Vogelzug, Wirbeltiere.

Tierzucht siehe Abt. VI: Kleintierzucht, Tierzüchtung.

Trigonometrie, Ebene, z. Selbstunterr. B. Studienr. B. Cranz. 2. A. M. 50 Fig. (Bd. 431.)
— Sphärische Tr. B. Studienr. B. Cranz. (Bd. 606.)

Tuberkulose, Die, Wesen, Verbreitung, Ursache, Verhütung und Heilung. Von Generalarzt Prof. Dr. W. Schumburg. 3. Aufl. M. 1 Taf. u. 8 Fig. (Bd. 47.)

Turnen. Von Oberl. F. Eckardt. Mit 1 Bildnis Jahns. (Bd. 583.)
— s. auch Leibesübungen, Anatomie d. Menschen Bd. VI

Urtiere, Die. Einführung i. d. Wissenschaft vom Leben. Von Prof. Dr. R. Goldschmidt. 2. A. M. 44 Abb. (Bd. 160.)

Digitized by Google

Urzeit. Der Mensch d. U. Vier Vorlesung. aus der Entwicklungsgeschichte des Menschengeschlechts Von Dr. A. Heilborn. 3. Aufl. Mit 47 Abb. (Bd. 62.)
Vektorrechnung. Einführung in die V. Prof. Dr. F. Jung. (Bd. 668.)
Verbildungen. Körperliche im Kindesalter u. ihre Verhütung. Von Dr. M. David. Mit 26 Abb. (Bd 321.)
Vererbung. Erg. Abstammgs.- u. V.-Lehre. Von Prof. Dr. E. Lehmann. Mit 20 Abbildungen. (Bd. 379.)
— **Seltene Vererbungen u. V.** Dr. phil. et med. G. Sommer. 2. Aufl. (512.)
Vogelleben, Deutsches. Zugleich als Exkursionsbuch für Vogelfreunde. V. Prof. Dr. A. Voigt. 2. Aufl. (Bd. 221.)
Vogelzug und Vogelschutz. Von Dr. W. R. Eckardt. Mit 6 Abb. (Bd. 218.)
Wahrscheinlichkeitsrechnung. Einführ. in die. Von Prof. Dr. R. Suppantschitsch. (Bd. 580.)
Wald. Der deutsche. V. Prof. Dr. H. Hausrath. 2 Aufl. M. Bilderanh. u. 2. Karten. — siehe auch Holz Abt. VI. (Bd 153.)
Wärme. Die Lehre v. d. W. V. Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. R. Börnstein. Mit Abb. 2. Aufl. v. Prof. Dr. A. Wigand. (172.)
— s. a. Luft, Wärmetraktmasch., Wärmelehre, techn Thermodynamik Abt. VI.
Wasser, Das. Von Geh. Reg.-Rat Dr. O. Anselmino. Mit 44 Abb. (Bd. 291.)
Weidwerk. D. deutsche. V. Forstmstr. G. Frhr. v. Nordenflycht. M. Titelb. (Bd. 436.)
Weltall. Der Bau des W. Von Prof. Dr. J. Scheiner 4. A. M. 26 Fig. (Bd. 24.)
Weltäther s. Materie.
Weltbild. Das astronomische W. im Wandel der Zeit. Von Prof Dr. S. Oppenheim. 2 Aufl Mit 19 Abb. (Bd. 110.)
— siehe auch Astronomie.
Weltentstehung. Entstehung d. W. u. d. Erde nach Sage u. Wissensch. V. Prof. Dr M. B. Weinstein. 3 Aufl. (Bd. 223.)
Weltuntergang. Untergang der Welt und der Erde nach Sage und Wissenschaft. V. Prof. Dr M. B Weinstein. (Bd. 470.)
Wetter. Unser W. Einführ. i. d. Klimatol. Deutschl V Dr. R. Hennig. 2. Aufl. Mit 14 Abb. (Bd. 349.)
— Einführung in die Wetterkunde. Von Prof. Dr. L. Weber. 3. Aufl. Mit 28 Abb. u. 3 Taf. (Bd. 55.)
Wirbeltiere. Vergleichende Anatomie der Sinnesorgane der W. Von Prof. Dr. W. Lubosch. Mit 107 Abb. (Bd. 282.)
Zahnheilkunde siehe Gebiß.
Zellen- und Gewebelehre siehe Anatomie des Menschen. Biologie.
Zoologie s. Abstammungsl., Aquarium, Bienen, Biologie, Schädlinge, Tiere, Urtiere, Vogelleben, Vogelzug, Weidwerk, Wirbeltiere.

VI. Recht, Wirtschaft und Technik.

Agrikulturchemie. Von Dr. B. Krische. Mit 21 Abb. (Bd. 314.)
Angestellte siehe Kaufmännische A.
Antike Wirtschaftsgeschichte. V. Priv.-Doz. Dr. O. Neurath. 2., umgearb. A. (258.)
— siehe auch Antikes Leben Abt. IV.
Arbeiterschutz und Arbeiterversicherung. V. Geh Hofrat Prof Dr. O. v. Zwiedineck-Südenhorst. 2. Aufl. (78.)
Arbeitsleistungen des Menschen. Die. Einführ in d. Arbeitsphysiologie. V. Prof. Dr. H Borntrau. M. 14 Fig. (Bd.539.)
— **Berufswahl, Begabung u. A.** in ihren gegenseitigen Beziehungen. Von W. J. Muttmann. Mit 7 Abb. (Bd. 522.)
Arzneimittel und Genußmittel. Von Prof. Dr. O. Schmiedeberg. (Bd. 363.)
Arzt. Der. Seine Stellung und Aufgaben im Kulturleben der Gegenw. Von Dr. med. M Fürst. 2. Aufl. (Bd. 265.)
Automobil. Das. Eine Einf. in d. Bau d. heut. Personen-Kraftwagens. K. Ob.-Ing. K. Blau 3., überarb. Aufl. M. 98 Abb. u. 1 Titelbild. (Bd. 166.)
Baukunde s. Eisenbetonbau.
Baukunst siehe Abt III.
Beleuchtungswesen. Das moderne. Von Ing Dr. H. Lux. M. 54 Abb. (Bd. 433.)
Bergbau. Von Bergassessor F. W. Webding. (Bd. 467.)
Bewegungslehre s. Mechan., Aufg. a. d. M.
Bierbrauerei. Von Dr. A. Bau. Mit 47 Abb. (Bd. 333.)
Bilanz s. Buchhaltung u. B.
Blumen. Uns. Bl. u. Pfl. i. Garten. Von Prof. Dr. R Dammer. M. 69 Abb. (360.)
— Uns. Bl. u. Pfl. i. Zimmer. V. Prof. Dr. U. Dammer. M. 65 Abb. (Bd. 359.)
— siehe auch Garten.
Brauerei s. Bierbrauerei.
Buch. Wie ein B. entsteht. V. Prof. A. W. Unger. 4. Aufl. M. 7 Taf. u. 26 Abb. im Text. (Bd. 175.)
— s. a. Schrift- u. Buchwesen Abt. IV.
Buchhaltung u. Bilanz Kaufm., und ihre Beziehungen z. buchhalter. Organisation, Kontrolle u. Statistik V. Dr L. Gerstner. 2. Aufl M. 4 schemat. Darst. (507.)
Chemie in Küche und Haus. Von Dr. J. Klein. 4 Aufl. (Bd. 76.)
— s. auch Agrikulturchemie. Elektrochemie, Farben. Sprengstoffe. Technik; ferner Chemie Abt. V.
Dampfkessel siehe Feuerungsanlagen.
Dampfmaschine. Die. Von Geh Bergrat Prof. R Vater. 2 Bde I: Wirkungsweise des Dampfes im Kessel und in der Maschine 4 Aufl. M. 37 Abb. (Bd. 393.) II: Ihre Gestaltung und Verwendung. 2. Aufl. Mit 105 Abb. (Bd. 394.)

Digitized by Google

Desinfektion, Sterilisation und Konservierung. Von Reg.- und Med.-Rat Dr. O. Solbrig. Mit 20 Abb. (Bd. 401.)
Deutsch s. Handel, Handwerk, Landwirtschaft, Verfassung, Weidwerk, Wirtschaftsleben, Zivilprozeßrecht; Recht Abt. IV.
Drähte u. Kabel, ihre Anfertig. u. Anwend. i. d. Elektrotech. B. Tel.-Insp. H. Brick. 2. Aufl. M. 43 Abb. (Bd. 285.)
Dynamik s. Mechanik, Aufg. a. d. M. 2. Bd., ebenso Thermodynamik.
Eisenbahnwesen, Das. Von Eisenbahnbau- u. Betriebsinsp. a. D. Dr.-Ing. E. Biedermann. 3. A. M. zahlr. Abb. (144.)
Eisenbetonbau, Der. B. Dipl.-Ing. E. Schlomovici. 2. Aufl. Mit 82 Abb. i. T. sowie 6 Rechnungsbeisp. (Bd. 275.)
Eisenhüttenwesen, Das. Von Geh. Bergr. Prof. Dr. H. Wedding. 5. Aufl. v. Bergass. F. W. Wedding. M. 22 Abb. (20.)
Elektrische Kraftübertragung, Die. B. Ing. B. Köhn. Mit 137 Abb. (Bd. 424.)
Elektrochemie. Von Prof. Dr. L. Arndt. Mit 37 Abb. (Bd. 234.)
Elektrotechnik, Grundlagen d. E. B. Obering. A. Roth. 2. Aufl. M. 74 Abb. (39 L.)
— s. auch Drähte u. Kabel, Telegraphie.
Erbrecht, Testamentserrichtung und E. Von Prof. Dr. F. Leonhard. (Bd. 429.)
Ernährung u. Nahrungsmittel s. Abt. V.
Farben u. Farbkräfte, Ihr Erzeug. u. Verwend. B. Dr. A. Hart. 31 Abb. (Bd. 483.)
— siehe auch Licht Abt. V.
Fernsprechtechnik s. Telegraphie.
Feuerungsanlagen, Industr.-u. Dampfkessel. B. Ing. J. E. Mayer. 86 Abb. (Bd. 343.)
— siehe auch Geldwesen.
Funkentelegraphie siehe Telegraphie.
Fürsorge s. Kinderf., Kriegsbeschädigtenf.
Garten, Der Kleingarten. B. Redakt. Job. Schneider. 2. Aufl. M. 80 Abb. (498.)
— **Der Hausgarten.** Von Gartenarchitekt W. Schubert. Mit Abb. (Bd. 502.)
— siehe auch Blumen.
Gartenkunst, Gesch. d. G. B. Baurat Dr.-Ing. Chr. Rauch. M. 41 Abb. (Bd. 274.)
Gartenstadtbewegung, Die. Von Landeswohnungsinspektor Dr. H. Kampffmeyer. 2. Aufl. M. 43 Abb. (Bd. 259.)
Gefängniswesen s. Verbrechen.
Geldwesen, Zahlungsverkehr u. Vermögensverwalt. Von G. Maier. 2. Aufl. (Bd. 338.)
— s. a. Finanzwissensch.; Münze Abt. IV.
Genußmittel siehe Arzneimittel und Genußmittel, Tabak.
Gewerblicher Rechtsschutz i. Deutschland. B. Patentanw. B. Tollsdorf. (Bd. 138.)
— siehe auch Urheberrecht.
Graphische Darstell., Die. B. Hofrat Prof. Dr. F. Auerbach. 2. A. M. 139 Abb. (487.)
Handel. Geschichte d. Welth. Von Realgymnasialdirektor Prof. Dr. M. G. Schmidt. 3. Aufl. (Bd. 118.)
Handel. Geschichte d. deutsch. Handels seit d. Ausgang des Mittelalters. Von Dir. Prof. Dr. W. Langenbeck. 2. Aufl. Mit 16 Tabellen. (Bd. 287.)
Handfeuerwaffen, Die. Entwickl. u. Technik. B. Major R. Weiß. 60 Abb. (Bd. 364.)
Handwerk, D. deutsche, in kulturgeschichtl. Entwickig. B. Geh. Schulr. Dr. E. Otto. 4. Aufl. M. 33 Abb. auf 12 Taf. (Bd. 14.)
Haushalt s. Chemie, Desinfekt., Physik; Nahrungsm. Abt. IV; Bakter. Abt. V.
Häuserbau siehe Baukunde, Beleuchtungswesen, Heizung u. Lüftung, Wohnungsw.
Hebezeuge, Hilfsmittel zum Heben fester, flüssiger und gasf. Körper. Von Geh. Bergrat Prof. R. Vater. 2. Aufl. M. 67 Abb. (Bd. 196.)
Heizung und Lüftung. Von Ingenieur J. E. Mayer. Mit 40 Abb. (Bd. 241.)
Holz, Das. Dr. seine Bearbeitung u. seine Verwendg. B. Insp. J. Großmann. Mit 39 Originalabb. i. T. (Bd. 473.)
Hotelwesen, Das. Von B. Damm-Etienne. Mit 30 Abb. (Bd. 331.)
Hüttenwesen siehe Eisenhüttenwesen.
Immunitätslehre s. Abwehrkräfte Abt. V.
Ingenieurtechnik. Schöpfungen d. J. der Neuzeit. Von Geh. Regierungsrat M. Geitel. Mit 32 Abb. (Bd. 28.)
Instrumente siehe Optische J.
Kabel s. Drähte und K.
Kälte, Die, ihr Wesen, i. Erzeug. u. Verwertg. B. Dr. H. Alt. M. 45 Abb. (311.)
Kaufmann. Das Recht des K. Ein Leitfaden f. Kaufleute, Studier. u. Juristen. B. Justizrat Dr. M. Strauß. (Bd. 409.)
Kaufmännische Angestellte, D. Recht d. k. A. B. Justizr. Dr. M. Strauß. (361.)
Kinderfürsorge. Von Prof. Dr. Chr. J. Klumker.
Kinematographie. Von Dr. H. Lehmann. 2. Aufl. B. Dr. W. Nerté. Mit Abb. (Bd. 358.)
Klein- u. Straßenbahnen, Die. B. Obering. a. D. Oberlehrer A. Liebmann. Mit 85 Abb. (Bd. 322.)
Kleintierzucht, Die. Von Redakt. Joh. Schneider. M. 59 Fig. i. T. u. 6 Taf.
— siehe auch Tierzüchtung. (Bd. 604.)
Kohlen, Unsere. B. Bergass. B. Kukuk. Mit 60 Abb. i. Text u. 3 Taf. (Bd. 396.)
Kolonialbotanik. Von Prof. Dr. F. Tobler. Mit 21 Abb. (Bd. 184.)
Kolonisation, Innere. Von A. Brening. (Bd. 261.)
Konservierung siehe Desinfektion
Konsumgenossenschaft, Die. Von Prof. Dr. F. Staudinger. (Bd. 222.)
— s. auch Mittelstandsbewegung. Wirtschaftliche Organisationen.
Kraftanlagen siehe Dampfmaschine, Feuerungsanlagen und Dampfkessel, Wärmekraftmaschine, Wasserkraftmaschine.

Digitized by Google

Kraftübertragung. Die elekt. V. Ing. P. Köhn. 2. Aufl. M. Abb. (Bd. 424.)
Krieg. Kulturgeschichte d. K. V. Prof. Dr. K. Beule, Geh. Hofrat Prof. Dr. E. Bethe, Prof. Dr. P. Schmeidler, Prof. Dr. A. Doren, Prof. D. W. Herre. (Bd. 561.)
Kriegsbeschädigtenfürsorge. Im Verbindung mit Med.-Rat. Oberstabsarzt a. Theilarzt Dr. Rebentisch, Gewerbeschuldir. H. Back, Direktor des Städt. Arbeitsamts Dr. W. Schlotter herausg. v. Prof. Dr. G. Kraus, Leit. d. Städt. Fürsorgeamts für Kriegshinterbliebene in Frankfurt a. M. M. 2 Abbildgn. (523.)
Kriegsschiffe. Unsere. Ihre Entwicklg. u. Verwendg. v. Geh. Marinebaur. a. D. E. Krieger. 2. Aufl. v. Marinebaur. Fr. Schürer. Mit 62 Abb. (389.)
Kriminalistik, Moderne. Von Amtsrichter Dr. A. Hellwig. M. 18 Abb. (Bd. 476.)
— s. a. Verbrechen, Verbrecher.
Küche siehe Chemie in Küche und Haus.
Landwirtschaft. Die deutsche. V. Dr. W. Claaßen. 2. Aufl. Mit 15 Abb. u. 1 Karte. (Bd. 215.)
— s. auch Agrikulturchemie, Kleintierzucht, Luftstickstoff, Tierzüchtung; Haustiere, Tierkunde Abt. V
Landwirtschaftl. Maschinenkunde. V. Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. G. Fischer. 2. Aufl. Mit 64 Abbildungen. (Bd. 316.)
Luftgaart. Die, ihre wissenschaftlichen Grundlagen und ihre technische Entwicklung. Von Dr. R. Rimführ. 3. Aufl. v. Dr. Fr. Huth. M. 60 Abb. (Bd. 300.)
Luftstickstoff. Der, u. s. Verw. V. Prof. Dr. K. Kaiser. 2. A. M. 13 Abb. (313.)
Lüftung, Heizung und L. Von Ingenieur J. E. Mayer. Mit 40 Abb. (Bd. 241.)
Marx, Karl, Versuch e. Einführung. V. Prof. Dr. R. Wilbrandt. 2. A. (621.)
— s. auch Sozialismus.
Maschinen s. Dampfmaschine, Hebezeuge, Landwirtsch. Maschinenkunde, Wärmekraftmasch., Wasserkraftmasch.
Maschinenelemente. Von Geh. Bergrat Prof. R. Vater. 3. A. M. 175 Abb. (Bd. 301.)
Maße und Messen. Von Dr. W. Block. Mit 34 Abb. (Bd. 385.)
Mechanik. V. Prof. Dr. G. Hamel. 3 Bde. I. Grundbegriffe d. M. II. M. der festen Körper. III. M. d. flüss. u. luftförm. Körper. (Bd. 684/686.)
— Aufgaben aus der technischen M. s. d. Schul- u. Selbstunterr. V. Prof. M. Schmitt. M. zahlr. Fig. I. Bewegungsl., Statik. 156 Aufg. u. Lösungen. II. Dynam. 140 A. u. Lösungen. (Bd. 558/559.)
Messen siehe Maße und Messen.
Miete, Die, nach d. BGB. Ein Handbüchlein f. Juristen, Mieter u. Vermieter. V. Justizrat Dr. M. Strauß. (194.)
Mikroskop, Das. V. Prof. Dr. W. Scheffer. 2. Aufl. M. 99 Abb. (Bd. 35.)
Milch, Die, und ihre Produkte. Von Dr. A. Reis. Mit 16 Abb. (Bd. 362.)
Mittelstandsbewegung, Die moderne. Von Dr. L. Müssel mann. (Bd. 417.)
— siehe Konsumgenossen., Wirtschaftl. Org.
Nahrungsmittel s. Abt. V
Naturwissensch. u. Technik, Im soz. Wohlfahrt d. Zeit, über. ihr. d. Wirkgen. d. Entw. d. N. u. T. a. d. soz. Kulturleb. V. Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. W. Lannhardt. 3 Aufl. Mit 3 Abb. (Bd. 23.)
Nautik. K. Dir. Dr. J. Möller. 2. Aufl. Mit vielen Abb. (Bd. 255.)
Optisches Instrumente, Die. Lupe, Mikroskop, Fernrohr, photogr. Objektiv u. ihnen verw. Instr. Von Prof. Dr. M. v. Rohr. 3. Aufl. M. 89 Abb. (Bd. 88.)
Organisationen, Die wirtschaftlichen. Von Prof. Dr. E. Leberer. (Bd. 428.)
Ostmark, Die, Eine Einführ. i. d. Probleme ihrer Wirtschaftsgesch. Hrsg. von Prof. Dr. W. Mitscherlich. (Bd. 451.)
Patente u. Patentrecht s. Gewerbl. Rechtssch.
Perpetuum mobile, Das. V. Dr. Fr. Schaf. Mit 38 Abb. (Bd. 462.)
Photochemie. Von Prof. Dr. G. Kümmell. 2. Aufl. Mit 23 Abb. i. Text u. auf 1 Tafel. (Bd. 227.)
Photographie, Die, ihre wissenschaftlichen Grundlagen u. i. Anwendung. V. Dr. O. Preslinger. 2. Aufl. Mit Abb. (414.)
— **Die künstlerische Ph. Ihre Entwicklung, ihre Probleme, ihre Bedeutung.** Von Dr. W. Warstat. 2., verb. Aufl. Mit Bilderanh. (Bd. 410.)
— **Angewandte Liebhaber-Photographie, ihre Technik und ihr Arbeitsfeld.** Von Dr. W. Warstat. Mit Abb. (Bd. 535.)
Physik in Küche und Haus. Von Prof. Dr. O. Spettmann. M. 51 Abb. (Bd. 478.)
— siehe auch Physik in Abt. V.
Postwesen, Das. Von Oberpostrat O. Sieblist. 2. Aufl. (Bd. 182.)
Rechenmaschinen. Die, und das Maschinenrechnen. Von Reg.-Rat Dipl.-Ing. K. Lenz. Mit 43 Abb. (Bd. 490.)
Recht siehe Erbrecht, Gewerbl. Rechtsschutz, Kaufm. Angest., Kriminalistik, Urheberrecht, Verbrechen, Verfassungsrecht, Zivilprozeßrecht.
— **Rechtsfragen des täglichen Lebens in Familie und Haushalt.** Von Justizrat Dr. M. Strauß. (Bd. 219.)
Rechtsprobleme, Moderne. V. Geh. Justizr. Prof. Dr. J. Kohler. 2. Aufl. (Bd. 128.)
Salzlagerstätten, Die deutschen. Ihr Vorkommen, ihre Entstehung und die Verwertung ihrer Produkte in Industrie und Landwirtschaft. Von Dr. C. Riemann. Mit 27 Abb. (Bd. 407.)
— siehe auch Geologie Abt. V.
Schiffbau siehe Kriegsschiffe.
Schmuckst., Die, u. d. Schmucksteinindustr. V. Dr. A. Eppler. M. 64 Abb. (Bd. 376.)

Digitized by Google

Soziale Bewegungen u. Theorien b. z. mod. Arbeiterbew. V G. Maier. 6. A. (Bd. 2.)
— s. a. Arbeiterschutz u. Arbeiterversicher.
Sozialismus. Gesch. der sozialist. Ideen i. 19. Jrh. V. Privatdoz. Dr Fr. Muckle. 3. A. I: D. ration. Soz. II: Proudhon u. d. entwicklungsgeschichtl. Soz. Bd. 269, 270.)
— s. auch Marx; Rom, Soz. Kämpfe i. alt. R. Abt. IV.
Spinnerei. Die. Von Dir. Prof. M. Lehmann. Mit 35 Abb. (Bd. 338.)
Sprengstoffe. Die, ihre Chemie u. Technologie. V. Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. R. Biedermann. 2. Aufl. M. 12 Fig. (286.)
Staat siehe Abt. IV.
Statik. Mit Einschluß der Festigkeitslehre. Von Reg.-Baum. Baugewerkschuldirekt. A. Schau. M. 149 Fig. i. T. (Bd. 497.)
— siehe auch Mechanik, Aufg. a. d. M. I
Statistik. V. Prof. Dr. G. Schott. (442.)
Strafe und Verbrechen. Geschichte u. Organisation d. Gefängniswesens. V. Strafanstaltsdir. Dr. med. P. Vollitz. (Bd. 323.)
Straßenbahnen. Die Klein- u. Straßenb. Von Oberingenieur a. D. Oberlehrer A. Liebmann. M. 85 Abb. (Bd. 322.)
Tabak. Der. Anbau, Handel u. Verarbeit. V. Jac. Wolf. 2., verb. u. ergänzte Aufl. Mit 17 Abb. (Bd. 416.)
Technik. Die chemische. Von Dr. A. Müller. Mit 24 Abb. (Bd. 191.)
— **Einführung in d. T.** Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Lorenz. (Bd. 729.)
Techn. Zeichnen s. Zeichnen.
Telegraph. D. Telegraph.- u. Fernsprechw. V. Oberpostr. O. Sieblist. 2. A. (183.)
— **Telegraphen- und Fernsprechtechnik in ihrer Entwicklung.** V. Oberpostr.-Insp. H. Brick. 2. A. Mit 65 Abb. (Bd. 235.)
— **Die Funkentelegr.** V. Telegr.-Insp. P. Thurn. 5. Aufl. M. 51 Abb. (Bd. 167.)
— siehe auch Drähte und Kabel.
Testamentserrichtung und Erbrecht. Von Prof. Dr. F. Leonhard. (Bd. 429.)
Thermodynamik. Praktische. Aufgaben u. Beispiele zur technischen Wärmelehre. Von Geh. Bergrat Prof. Dr. R. Vater. Mit 40 Abb. i. Text u. 3 Taf. (Bd. 596.)
— siehe auch Wärmelehre.
Tierzüchtung. Von Tierzuchtdirektor Dr. G. Wilsdorf. 2. Aufl. M. 23 Abb. auf 12 Taf. u. 2. Fig. i. T. (Bd. 369.)
— s. a. auch Kleintierzucht.
Uhr. Die. Grundlagen u. Technik d. Zeitmesse. V. Prof. Dr.-Ing. H. Bock. 2., umgearb. Aufl. Mit 55 Abb. i. T. (216.)
Urheberrecht. D. Recht a. Schrift- u. Kunstw. V. Rechtsanw. Dr. R. Mothes. (435.)
— siehe auch gewerblich. Rechtsschutz.
Verbrechen. Strafe und V. Geschichte u. Organisation d. Gefängniswesens. V. Strafanst.-Dir. Dr. med. P. Vollitz. (Bd. 323.)
— **Moderne Kriminalistik.** V. Amtsrichter Dr. A. Hellwig. M. 18 Abb. (Bd. 476.)
Verbrecher. Die Psychologie des V. (Kriminalpsych.) V. Strafanstaltsdir. Dr. med. P. Vollitz. 2. A. M. 5 Diagr. (Bd. 248.)
— s. a. Handschriftenbeurt. Abt. I.
Verfassg. Grundg. d. V. d. Deutsch. Reiches. V. Geheimrat Prof. Dr. E. Loening. 5. Aufl. (Bd. 34.)
Verfassg. und Verwaltung der deutschen Städte. Von Dr. M. Schmid. (466.)
— Deutsch. Verfassgsgr. i. geschichtl. Entwickl. V. Pr. Dr. E. Hubrich. 2. A. Bd. 80.)
Verkehrsentwicklung i. Deutschl. 1800 bis 1900 (fortgef. b. z. Gegenw.). V. Prof. Dr. W. Lotz. 4., verb. Aufl. (Bd. 15.)
Versicherungswesen. Grundzüge des V. (Privatversicher.). Von Prof. Dr. A. Manes. 3., veränd. Aufl. (Bd. 105.)
Waffentechnik siehe Handfeuerwaffen.
Wald. Der deutsche. V. Prof. Dr. Hausrath. 2. A. Bilderanh. u. 2 Kart. (153.)
Wärmekraftmaschinen. Die neueren. Von Geh. Bergrat Prof. R. Vater. 2 Bde. I: Einführung in die Theorie u. d. Bau d. Gasmasch. 5. Aufl. M. 41 Abb. (Bd. 21.) II. Gaserzeuger. Großgasmasch. Dampf- u. Gasturb. 4 Aufl. M. 43 Abb. (Bd. 86.)
— siehe auch Kraftanlagen.
Wärmelehre. Einführ. i. d. techn. (Thermodynamik). Von Geh. Bergrat Prof. R. Vater. M. 40 Abb. i. Text. (Bd. 516.)
— s. auch Thermodynamik.
Wasser. Das. Von Geh. Reg.-Rat Dr. O. Anselmino. Mit 44 Abb. (Bd. 291.)
— s. a. Luft, Wass., Licht, Wärme Abt. V.
Wasserkraftmaschinen. Die, u. d. Ausnützg. d. Wasserkräfte Von Geh. Reg.-Rat A. v. Ihering. 2. A. M. 57 Abb. (Bd. 228.)
Weidwerk. D. d. che. V. Forstmeist. G. F. hr. v. Nordenflycht. M. Titelb. (436.)
Weinbau und Weinbereitung. Von Dr. F. Schmitthenner. 34 Abb. (Bd. 332.)
Welthandel siehe Handel.
Wirtschaftlichen Organisationen. Die. Von Prof. Dr. E. Leherer. (Bd. 428.)
— s. Konsumgenoss., Mittelstandsbeweg.
Wirtschaftsgeographie. Von Prof. Dr. F. Heiderich. (Bd. 633.)
Wirtschaftsgesch. s. Antike W., Ostmark.
Wirtschaftsleben. Deutsch. Auf geograph. Grundl. gesch. v. Prof. Dr. Chr. Gruber. 4. A. v. Dr. H. Reinlein. (42.)
— **Die Entwicklung des deutschen Wirtschaftslebens i. letzten Jahrh.** V. Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. J. Wohle. 3. A. (57.)
— **Deutschl. Stellung i. d. Weltwirtsch.** V. Prof. Dr. W. Arndt. 3. A. (Bd. 179.)
Wohnungswesen. Das. Von Dipl.-Ing. Leyser. (Bd. 707.)
Zeichnen. Techn. Von Prof. Dr. Horstmann. (Bd. 548.)
Zeitungswesen. V. Dr. H. Diez. 2. Aufl. (Bd. 328.)
Zivilprozeßrecht. Das deutsche. Von Justizrat Dr. M. Strauß. (Bd. 315.)

Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Druck von B. G. Teubner in Dresden

Digitized by Google

DIE KULTUR DER GEGENWART
IHRE ENTWICKLUNG UND IHRE ZIELE
HERAUSGEGEBEN VON PROF. PAUL HINNEBERG

VERLAG VON B. G. TEUBNER IN LEIPZIG UND BERLIN

III. Teil. Die mathematischen, naturwissenschaftlichen und medizinischen Kulturgebiete. [19 Bände.]

(* erschienen, † unter der Presse.) In Halbfranz geb. jeder Band 6 Mark mehr.

*I. Abt. Die math. Wissenschaften. (1 Bd.)
Abteilungsleiter u. Bandredakteur: F. Klein.
Bearb. v. P. Stäckel, H. E. Timerding, A. Voß, H. G. Zeuthen. 5 Lfgn. *I. Lfg. (Zeuthen) geh. M. 3.— *II. Lfg. (Voß u. Timerding). geh. M. 6.— *III. Lfg. (Voß) geh. M 5.—

II. Abt. Die Vorgeschichte der mod. Naturwissenschaften u. d. Medizin. (1 Bd.)
Bandredakteure: J. Ilberg u. K. Sudhoff.

III. Abt. Anorg. Naturwissenschaften.
Abteilungsleiter: E. Lecher.

*Bd. 1. Physik. Bandredakteur: E. Warburg.
Bearb. v. F. Auerbach, F. Braun, E. Dorn, A. Einstein, J. Elster, F. Exner, R. Gans, E. Gehrcke, H. Geitel, E. Gumlich, F. Hasenöhrl, F. Henning, L. Holborn, W. Jäger, W. Kaufmann, E. Lecher, H. A. Lorentz, O. Lummer, St. Meyer, M. Planck, O. Reichenheim, F. Richarz, H. Rubens, E. v. Schweidler, H. Starke, W. Voigt, E. Warburg, E. Wiechert, M. Wien, W. Wien, O. Wiener, P. Zeeman. M. 22.-, M. 24.-

*Bd. 2. Chemie. Bandredakteur: †E. v. Meyer.
Allgem. Kristallographie u. Mineralogie.
Bandredakteur: Fr. Rinne. Bearb. v. K. Engler, H. Immendorf, †O. Kellner, A. Kossel, M. Le Blanc, R. Luther, †E. v. Meyer, W. Nernst, Fr. Rinne, O. Wallach, †O. N. Witt, L. Wöhler. Mit Abb. M. 18.—, M. 20.—

†Bd. 3. Astronomie. Bandred.: J. Hartmann.
Bearb. von L. Ambronn, F. Boll, A. v. Flotow, F. K. Ginzel, K. Graff, J. Hartmann, J. v. Hepperger, H. Kobold, S. Oppenheim, E. Pringsheim, †F. W. Ristenpart.

Bd. 4. Geonomie. Bandredakteure: †I. B. Messerschmitt u. H. Benndorf.

Bd. 5. Geologie (einschl. Petrographie).
Bandredakteur: A. Rothpletz.

Bd. 6. Physiogeographie. Bandredakteur: E. Brückner. 1. Hälfte: Allg. Physiogeographie. 2. Hälfte: Spez. Physiogeographie.

IV. Abt. Organ. Naturwissenschaften.
Abteilungsleiter: R. v. Wettstein.

*Bd. 1. Allgemeine Biologie. Bandredakteure: †C. Chun u. W. Johannsen, u. Mitw. v. A. Günthart. Bearbeitet v. E. Baur, P. Boysen-Jensen, P. Claußen, A. Fischel, E. Godlewski, M. Hartmann, W. Johannsen, E. Laqueur, †B. Lidforß, W. Ostwald, O. Porsch, H. Przibram, E. Rádl, O. Rosenberg, W. Roux, W. Schleip, G. Senn, H. Spemann, O. zur Strassen. M. 21.—, M. 23.—

*Bd. 2. Zellen- und Gewebelehre, Morphologie und Entwicklungsgeschichte. 1. Botan. Teil. Bandredakteur: †E. Strasburger.
Bearb. v. W. Benecke u. †E. Strasburger. Mit Abb. M. 10.—, M. 12.— 2. Zoologischer Teil.
Bandredakteur: O. Hertwig. Bearb. v. E. Gaupp, K. Heider, O. Hertwig, R. Hertwig, F. Keibel, H. Poll. M. 16.—, M. 18.—

Bd. 3. Physiologie u. Ökologie. *1. Bot. T.
Bandred.: G. Haberlandt. Bearb. von E. Baur, Fr. Czapek, H. v. Guttenberg. M. 11.—, M. 13.— 2. Zoologischer Teil. Bandredakteur und Mitarbeiter noch unbestimmt.

*Bd. 4. Abstammungslehre, Systematik, Paläontologie, Biogeographie. Bandredakteure: R. Hertwig u. R. v. Wettstein. Bearb. v. O. Abel, I. E. V. Boas, A. Brauer, A. Engler, K. Heider, R. Hertwig, W. J. Jongmans, L. Plate, R. v. Wettstein. M. 20.—, M. 22.—

†V. Abt. Anthropologie. (1 Bd.)
Bandred.: †G. Schwalbe. Bearb. v. E. Fischer, R. F. Graebner, M. Hoernes, Th. Mollison, A. Pleetz, †G. Schwalbe. ca. M. 22.-, M. 24.-

VI. Abt. Die medizin. Wissenschaften.
Abteilungsleiter: Fr. v. Müller.
Bd. 1. Die Geschichte der mod. Medizin.
Bandred.: K. Sudhoff. Die Lehre von den Krankheiten. Bandred.: W. His.
Bd. 2. Die medizinischen Spezialfächer.
Bandred.: Fr. v. Müller.
Bd. 3. Beziehungen der Medizin z. Volkswohl. Bandredakteur: M. v. Gruber.

VII. Abt. Naturphilosoph. u. Psychol.

*Bd. 1. Naturphilosophie. Bandredakteur: C. Stumpf. Bearb. v. E. Becher. M. 14.—, M. 16.—
Bd. 2. Psychologie. Bandredakteur und Mitarbeiter noch unbestimmt.

VIII. Abt. Organisation der Forschung und des Unterrichts. (1 Bd.)
Bandredakteur: A. Gutzmer.

IV. Teil. Die technischen Kulturgebiete. [15 Bände.]

Abteilungsleiter: W. v. Dyck und O. Kammerer.

Bisher erschien:

Technik des Kriegswesens. Bandredakteur M. Schwarte. Bearb. v. K. Becker, O. v. Eberhard, L. Glatzel, A. Kersting, O. Kretschmer, O. Poppenberg, J. Schroeter, M. Schwarte, W. Schwinning. Geheftet M. 24.—, gebunden M. 26.—. [Band 12.]

Teuerungszuschläge auf sämtliche Preise 30% einschließlich 10% Zuschlag der Buchhandlung

Probeheft mit Inhaltsübersicht des Gesamtwerkes, Probeabschnitten, Inhaltsverzeichnissen und Besprechungen umsonst und postfrei durch B. G. Teubner, Leipzig, Poststr. 3

Digitized by Google

Tierb … eben in ihrem … achtet

32101 054772098

von

Dr. Richard Hesse und **Dr. Franz Doflein**

Professor der Zoologie an der Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin — Professor der Zoologie an der Universität Freiburg i. Br.

Mit über 1200 Abbild. sowie 40 Tafeln in Schwarz- u. Buntdruck nach Originalen bekannter Künstler

1. Band: Das Tier als selbständiger Organismus — **2. Band: Das Tier als Glied des Naturganzen**

Jeder Band in künstl. Original-Ganzleinenband M. 21,—, in eleg. Halbfranzband M. 24,—

„Es ist ein fundamentales Werk, das dem Fachmann als Wegweiser und Fundgrube, dem Laien als wünschenswerte Ergänzung zu seinem grossen oder kleinen Brehm dienen wird. Wissenschaftlich ganz auf der Höhe der Zeit stehend, spricht es eine so klare Sprache und berührt so fesselnde Fragen der Tierforschung, daß es für jeden Wert und Gültigkeit hat, der sich mit Zoologie beschäftigt." (Propyläen.)

Mathemat.-Physikalische Bibliothek

Gemeinverständliche Darstellungen aus der Elementarmathematik und -physik für Schule und Leben. Unter Mitwirkung von Fachgenossen herausgegeben von Dir. Dr. W. Lietzmann und Studienrat Dr. A. Witting.

Mit zahlreichen Figuren. kl. 8. Kart. je M. 1.—

Bisher erschienene Bändchen:

Ziffern u. Ziffernsysteme. I. D. Zahlenzeichen d. alt. Kulturvölker. V. E. Löffler. 2. A. Bd. 1.

Der Begriff d. Zahl in seiner log. u. histor. Entwickl. Von H. Wieleitner. 2. A. Bd. 2.

Der pythagoreische Lehrsatz mit einem Ausblick auf das Fermatsche Problem. Von W. Lietzmann. 2. Auflage . . . Bd. 3.

Wahrscheinlichkeitsrechnung nebst Anwendungen. Von O. Meißner. Bd. 4.

Die Fallgesetze, ihre Geschichte u. ihre Bedeutung. Von H. E. Timerding. Bd. 5.

Einführung in die projektive Geometrie. Von M. Zacharias . . . . . Bd. 6.

Die 7 Rechnungsarten mit allgemeinen Zahlen. Von H. Wieleitner. Bd. 7.

Theorie der Planetenbewegung. Von P. Meth . . . . . Bd. 8.

Einführung in die Infinitesimalrechnung. Von A. Witting. 2. Aufl. . Bd. 9.

Wo steckt der Fehler? Von W. Lietzmann und V. Trier. 2. Auflage . . Bd. 10.

Konstruktionen in begrenzter Ebene. Von P. Zühlke . . . . . Bd 11.

Quadratur d. Kreises. V. E. Beutel. Bd. 12.

Geheimnisse der Rechenkünstler. Von Ph. Maennchen. 2. Aufl. . . . Bd. 13.

Darstellende Geometrie des Geländes. Von R. Rothe . . . . . Bd. 14.

Beispiele z. Geschichte d. Mathematik. Von A. Witting u. M. Gebhardt . Bd. 15.

Anfertigung mathematischer Modelle. Von K. Giebel . . . . . Bd. 16.

Dreht sich die Erde? V. W. Brunner. Bd. 17.

Mathematiker-Anekdoten. Von Wilhelm Ahrens . . . . . Bd. 18.

Vom periodischen Dezimalbruch zur Zahlentheorie. Von A. Leman . . Bd. 19.

Mathematik und Malerei. 2 Bde. in 1 Bd. Von G. Wolff . . . . Bd. 20. 21.

Soldaten-Mathematik. Von Alexander Witting . . . . . Bd. 22.

Theorie und Praxis des Rechenschiebers. Von A. Rohrberg . . . . . Bd. 23.

Die mathem. Grundlagen der Variations- u. Vererbungslehre. V. P. Riebesell. Bd. 24.

Riesen und Zwerge im Zahlenreich. Von W. Lietzmann. 2. Aufl. . . Bd. 25.

Methoden zur Lösung geometrischer Aufgaben. Von B. Kerst . . . . . Bd. 26.

Karte und Kroki. Von H. Wolff. Bd. 27.

Einführung in die Nomographie. I. Die Funktionsleiter. Von P. Luckey. Bd. 28.

Die Grundlagen unserer Zeitrechnung Von A. Baruch . . . . . Bd. 29.

Was ist Geld? V. W. Lietzmann. Bd. 30.

Nichteuklidische Geometrie in der Kugelebene. Von W. Dieck . . . . . Bd. 31.

Der Goldene Schnitt. Von H. E. Timerding . . . . . Bd. 32.

In Vorbereitung: Doehlemann, Mathematik u. Architektur. Pfeiffer, Photogrammetrie. Luckey, Einführung in die Nomographie. II. Die Zeichnung als Rechenmaschine. Müller, Der Gegenstand d. Mathematik.

Teuerungszuschläge auf sämtliche Preise 30% einschließl. 10% Zuschlag der Buchhandlung

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Digitized by Google

Teubners Künstlersteinzeichnungen

Wohlfeile farbige Originalwerke erster deutscher Künstler fürs deutsche Haus
Die Sammlung enthält jetzt über 200 Bilder in den Größen 100×70 cm (M. 7.50), 75×55 cm (M. 6.—), 103×41 cm u. 60×50 cm (M. 5.—), 55×42 cm (M. 4.50), 41×30 cm (M. 3.—) Rahmen aus eigener Werkstätte in den Bildern angepaßten Ausführungen äußerst preiswürdig.

K. W Diefenbachs Schattenbilder

„Per aspera ad astra"
Album, die 34 Teilb. des vollst. Wandfrieses fortl. wiederg. (20½×25 cm) M. 15.—
Teilbilder als Wandfriese (42×80 cm) je M 5.—, (35×18 cm) . je M. 1.25
letztere u. Glas m. Leinwd.-Einf. je M. 4.—

„Göttliche Jugend"
2 Mappen, I. 2. Aufl., mit je 20 Blatt (25½×34 cm) . . . . je M. 8.—
Einzelbilder . . . . . je M. —.75
unter Glas u. Leinwandeinf. je M. 3.—

Karl Bauers Federzeichnungen

Führer und Helden im Weltkrieg. Einzelne Blätter (28×36 cm) M.—.75, Liebhaberausgabe M. 1.25, 2 Mappen, enthaltend je 12 Blätter, je . . M. 3.—
Charakterköpfe z. deutschen Geschichte. Mappe, 32 Bl. (28×36 cm) M. 6.35, 12 Bl. M. 3.50, Einzelblätter M.—.85. Liebhaberausgabe auf Karton geklebt M. 1.25
Aus Deutschlands großer Zeit 1813. In Mappe, 16 Bl. (28×36 cm) M. 4.50, Einzelblätter M. —.85. Liebhaberausgabe auf Karton geklebt . . . . M. 1.25
Rahmen zu den Blättern passend von M. 4.— bis M. 7.—

Scherenschnitte von Rolf Winkler

I. Reihe: „Aus der Kriegszeit". 6 Blätter, Scherenschnitte des Künstlers wiedergebend. 1. Abschied des Landwehrmannes. 2. Auf der Wacht. 3. In Feuerstellung. 4. Schipatrouille. 5. Treue Kameraden. 6. Am Grabe des Kameraden.
Auf Kart. m. verschiedenfarb. Tonunterdruck: Einz. M. 1.25, 6 Bl. in Mappe M. 5.—
Unter Glas in Leinwand-Einfassung: M. 4.—. **In Mahagonirähmchen:** M. 7.—

Deutsche Kriegsscheiben

Scheibenbilder erster Münchener Künstler wie v. Defregger, J. Diez, E. Grützner, H. v. Habermann, Th. Th. Heine, A. Jank, v. Zügel u. a. Sie bringen **köstlich humorvolle, zumeist auf den Krieg bezügliche Darstellungen,** wie den großmäuligen Engländer, die Entente, „Russen-Invasion", II 21 auf der Jagd, u. a. und sind zur Schießausbildung und als Zimmerschmuck gleich geeignet und wertvoll.
Preis je ca. M. 1.50. **Auf Pappe mit grünem Kranz** je ca. M. 1.80. **Auf Holz mit grünem Kranz** je ca. M. 5.50. — Bei größeren Bezügen ermäßigen sich die Preise.
Als 12er Scheibchen (Platten) Stück 15 Pf., 12 Stück M. 1.—

Postkartenausgaben

Jede Karte 15 Pf., Reihe von 12 Karten in Umschlag M. 1.50, jede Karte unter Glas mit schwarzer Einfassung und Schnur M. 1.—
Teubners Künstlersteinzeichnungen in 11 Reihen (davon 50 versch. Motive auch u. Glas in ovalem Rahmen je M. 2.—, in eckigem Holzrähmch. je M. 2.25). **Bauers Führer u. Helden** in 2 Reihen. **Winklers Scherenschnitte,** 6 Kart. in Umschl. M.—.80. **Kriegsscheiben-Karten** in 2 Reihen (diese nicht mit Einfass. käufl.). **Denkwürdige Stätten aus Nordfrankreich.** 12 Karten nach Orig.-Lithograph. von K. Lotze. **Diefenbachs Schattenbilder** in 6 Reihen (diese auch in viereckigen oder ovalen Holzrähmchen zu je M. 2.25 bezw. M. 2.50). **Aus dem Kinderleben,** 6 Karten nach Bleistiftzeichn. von Hela Peters. 1. Der gute Bruder. 2. Der böse Bruder. 3. Wo drückt der Schuh? 4. Schmeicheleikätzchen. 5. Püppchen, aufgepaßt! 6. Große Wäsche. In Umschl. M. —.80. **Schattenrisskarten** von Gerda Luise Schmidt: 1. Reihe: Spiel u. Tanz, Fest im Garten, *Blumenorakel, Die keine Schäferin, Belauschter Dichter, Rattenfänger von Hameln. 2. Reihe: *Die Freunde, *Der Besuch. Im Grünen, *Reifenspiel, *Ein Frühlingstraum, *Der Liebesbrief. 3. Reihe: *Der Brief an „Ihn", *Annäherungsversuch, *Am Spinett, *Beim Wein, *Ein Märchen, *Der Geburtstag. Jede Reihe in Umschl. M.—.80
*Diese Schattenrisskarten von Gerda Luise Schmidt auch als Bilder im Format 20×35 cm je M. —.50. In Mahagonirähmchen m. Glas einschl. Bild je M. 5.50

Vollst. Kat. ü. künstler. Wandschm. m. farb. Wiederg. v. ü. 200 Bl. geg. Einsendg. v. 75 Pf. (Ausl. 85 Pf.) **Ausf. Verz. d. Postkartenausg. umsonst.** Beide v. Verlag in Leipzig, Poststr. 3.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Digitized by Google